



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**ENERGETIKA RODINNÉHO DOMU S VYUŽITÍM
OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ**

HOUSE ENERGY SOLUTIONS USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Sabo

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ján Poláčik

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Martin Sabo**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Energetika, procesy a životní prostředí
Vedoucí práce: **Ing. Ján Poláček**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Energetika rodinného domu s využitím obnovitelných zdrojů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V súčasnosti je kladený čoraz väčší dôraz na úsporu energie (tak tepelnej ako aj elektrickej) v rodinnom dome. Zároveň je snaha o využívanie biomasy, solárnej energie a ďalších obnoviteľných zdrojov.

Študent v tejto práci popíše najnovšie trendy vo vykurovaní a energetickom zabezpečení stavby rodinného domu, výmenník vzduchu s rekuperáciou a využitie energie z obnoviteľných zdrojov. Praktická časť bude obsahovať návrh vhodného systému pre experimentálnu nízkoenergetickú stavbu.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešeršná časť obsahujúca základné spracovanie energetiky rodinného domu, popis spaľovacieho zariadenia pre vykurovanie a ohrev TÚV, ako aj využitie obnoviteľných zdrojov energie.
2. Zhodnotenie vhodnosti jednotlivých technológií vykurovania a vetrania pre experimentálnu stavbu.
3. Praktický návrh a aplikácia vybranej technológie v experimentálnom rodinnom dome.

Seznam doporučené literatury:

QUASCHNING, V. Obnovitelné zdroje energií. Grada Publishing a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3250-3

SMOLA, J. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Grada Publishing, a.s., 2011. 352 s. ISBN 978-80-24 7-2995-4

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá úlohou obnoviteľných zdrojov energie v energetike rodinného domu a technológiami, ktoré ju sprostredkujú. Veľký dôraz kladie na výrobu elektrickej energie, vykurovanie, ohrev vody a vetranie. V úvode je opísaná problematika nízkoenergetických a pasívnych domov a následné oboznámenie s rôznymi typmi zdrojov energie. Analytická časť obsahuje všeobecné informácie o výrobe elektrickej energie a spôsoboch vykurovania, ktoré využívajú obnoviteľné zdroje. Sú tiež opísané rôzne spôsoby vetrania a vhodnosť jednotlivých technológií. Praktická časť obsahuje návrh vetrania a zdroja tepla pre vykurovanie a ohrev vody v experimentálnom dome.

Klíčová slova:

nízkoenergetický dom, obnoviteľné zdroje, energia, fotovoltaické články, vykurovanie, vetranie, ohrev teplej vody

ABSTRACT

This bachelor thesis discusses the role of renewable sources of energy in energetics of a family house and technologies providing this possibility. Special care is given to power production, heating and air conditioning. The issue of low-energy and passive houses is described in the beginning of the thesis, leading to acknowledgement with different types of energy sources. Analytic part of the thesis contains general information about ways of heating and power production using renewable sources of energy. Different ways of ventilation are introduced and suitability of specific technologies assessed. The practical part describes design of ventilation and heating unit in an experimental house.

Key words:

low-energy house, renewable sources, energy, photovoltaic cells, heating, ventilation, heating of hot water

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SABO, Martin. *Energetika rodinného domu s využitím obnovitelných zdrojů* [online]. Brno, 2019, 55 s., [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/113157>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Ján Poláček.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Energetika rodinného domu s využitím obnovitelných zdrojů* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Jánovi Poláčikovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Čo je nízkoenergetický, pasívny dom	12
2 Zdroje energie.....	13
3 Výroba elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov	14
3.1 Veterná energia	14
3.1.1 Princíp veternej turbíny.....	14
3.2 Slnčná energia	15
3.2.1 Slnko.....	15
3.2.2 Slnčné žiarenie.....	16
3.2.3 Princíp fotovoltaičného článku.....	18
3.2.4 Typy fotovoltaičných článkov.....	19
3.2.5 Fotovoltaičný modul (panel)	20
4 Vykurovanie a ohrev teplej vody.....	22
4.1 Biomasa ako zdroj energie pre vykurovanie.....	23
4.2 Zdroje tepla	23
4.2.1 Krbová vložka	23
4.2.2 Krbové kachle	24
4.2.3 Kotel na tuhé palivo	25
4.2.4 Elektrický kotel	26
4.2.5 Solárny kolektor (Fototermický panel)	27
4.2.6 Tepelné čerpadlo	28
5 Vetrание	30
5.1 Rekuperačný výmenník	31
5.2 Zemný vzduchový výmenník (kolektor).....	31
5.3 Časti vzduchotechnického systému	32
6 Nové trendy v energetike RD	34
6.1 Okno ako solárny panel	34
6.2 Solárne žalúzie	34
6.3 Automatizácia fotovoltaičného systému	34
6.4 Nanosolar	34
7 Praktická časť	35
7.1 Experimentálny dom.....	35
7.2 Návrh vetracieho systému.....	35
7.3 Návrh systému na vykurovanie.....	37
7.4 Zhodnotenie návrhov na vykurovanie	42
ZÁVĚR.....	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	45
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	51

SEZNAM PŘÍLOH.....	52
--------------------	----

ÚVOD

Žijeme vo svete, kde školáci chodia do ulíc protestovať kvôli dezolátnemu stavu našej klímy. My ju ale zhoršujeme stále viac. Naďalej tankujeme benzín a naftu do našich áut, vyrábame elektrickú energiu či teplo v uhoľných elektrárnach a znečisťujeme tým ovzdušie v našom okolí, a tým pádom podporujeme zvyšovanie množstva skleníkových plynov. Mrháme energiou, ktorú môžeme použiť na iných miestach. Začíname si uvedomovať, že musíme nájsť inú cestu.

Každý dom v našich klimatických podmienkach potrebuje v zime vyprodukovať dostatočné teplo, aby v ňom boli vhodné, ale hlavne komfortné podmienky na život a tiež potrebuje elektrickú energiu na vykonávanie bežných činností a je teda voľbou každého užívateľa domu, v resp. vlastníka, odkiaľ bude túto energiu čerpať. Pri použití obnoviteľných zdrojov nezaťažujeme planétu, takým spôsobom ako pri využívaní napr. fosílnych palív. Tiež je snaha domy stavať z ekologických materiálov a s čo najmenšími tepelnými stratami, aby sme minimalizovali množstvo energie, ktorú potrebujeme vyprodukovať. Tepelné straty sa väčšinou znižujú tak, že dom čo najviac odizolujeme od vonkajšieho prostredia a tým zabránime teplu, ktoré vyprodukujeme, aby sa dostalo z domu von. Ak bude dom dostatočne neprievzdušný, môžeme tým značne znížiť jeho tepelné straty, avšak z veľkej miery obmedzíme aj prísun čerstvého vzduchu. Preto v týchto prípadoch použijeme vetranie pomocou dostupných technológií.

V tejto bakalárskej práci opíšeme rôzne spôsoby ako vyrábať elektrickú či tepelnú energiu využívaním obnoviteľných zdrojov energie. Tiež opíšeme, akými spôsobmi je možné v dome vetrať, aby sme ušetrili čo najviac energie. Na záver sa budeme venovať návrhu systému vetrania a vykurovania v jednom konkrétnom experimentálnom dome.

1 Čo je nízkoenergetický, pasívny dom

Nízkoenergetický a pasívny dom je dom, ktorému stačí dodávať oproti bežnému domu omnoho menej energie, aby v ňom ľudia mohli komfortne bývať. Hlavnými dôvodmi sú ušetrenie financií na spotrebe energie a nezaťažovanie životného prostredia. Vďaka tomu sa stavia v Českej republike pasívnych a nízkoenergetických domov, čím ďalej, tým viac.

Domy môžeme podľa energetickej náročnosti (potreby tepla na vykurovanie) rozdeliť na:

- Dom z klasických materiálov: 250 – 100 kWh/m² spotrebovanej energie za rok
- Energeticky úsporný dom: 100 – 50 kWh/m² spotrebovanej energie za rok
- Nízkoenergetický dom: 50 – 15 kWh/m² spotrebovanej energie za rok
- Pasívny dom: 15 – 5 kWh/m² spotrebovanej energie za rok
- Nulový dom: 5 – 0 kWh/m² spotrebovanej energie za rok
- Plusový dom: za rok vyprodukuje viac energie ako spotrebuje [1]

Avšak spotrebovaná energia nie je jediné kritérium, ktoré musí dom splniť aby bol nízkoenergetický či pasívny. Musí navyše spĺňať neprievzdušnosť obálky budovy tzv. veličina n_{50} , ktorá nesmie presiahnuť hodnotu 0,6⁻¹/hod pre pasívny dom a 1⁻¹/hod pre nízkoenergetický dom (s núteným vetraním a rekuperáciou tepla), čo znamená, že pri pretlaku alebo podtlaku 50 Pa (pascalov) sa nesmie netesnosťami v obálke vymeniť za hodinu viac ako 60 % (príp. 100 %) objemu vnútorného vzduchu. Pri bežných novostavbách môže byť táto hodnota okolo 3,5⁻¹/hod, čo znamená, že sa netesnosťami v dome vymení za jednu hodinu objem vzduchu rovný 3,5 násobku objemu domu [2,3].

Pasívny dom tiež nesmie presiahnuť spotrebu celkovej primárnej energie 120 kWh/m².rok. Primárna energia je energia, ktorá sa spotrebuje pri výrobe určitého zdroja a jeho distribúcie spojenej so spotrebou pri prevádzke budovy vrátane domácich spotrebičov [4].

Nízkoenergetické a pasívne domy majú spoločných niekoľko znakov, ktoré ich odlišujú od bežných domov napr.:

- Kompaktný tvar, teda vhodný pomer plochy k objemu domu A/V
- Kvalitná tepelná izolácia
- Konštrukcia bez tepelných mostov (v resp. čo najmenej)
- Presklené plochy orientované na juh – kvôli pasívnym solárnym ziskom
- Vzduchotesnosť
- Nútené vetranie s rekuperáciou tepla [5]

Z toho teda plynú výhody nízkoenergetických a pasívnych domov pre užívateľa ako napríklad nízke náklady na vykurovanie, stály prísun čerstvého vzduchu, tepelný komfort v lete aj v zime a teda vyšší komfort života.

2 Zdroje energie

Zdroje energie můžeme rozdeliť na **primárne** a **sekundárne**. Primárny zdroj energie je taký, ktorý nie je človekom nijak transformovaný alebo neprešiel procesom výroby a sekundárny zdroj (odpadný) vznikol ako dôsledok ľudskej činnosti alebo premenou z primárnych zdrojov energie. Medzi sekundárne zdroje energie patrí napríklad komunálny odpad, skládkové plyny, odpadné teplo atď. [7].

Primárne zdroje energie môžeme ďalej rozdeliť na:

- **Neobnoviteľné zdroje energie:** fosilne palivá (uhlie, ropa, zemný plyn), jadrové palivo
 - ❖ Za neobnoviteľné zdroje energie považujeme také zdroje, ktoré sa vyčerpávajú v rádoch desiatkach alebo stovkách rokov pri čom ich obnovenie by trvalo mnohonásobne dlhšie. Energiu z nich získavame predovšetkým spaľovaním, čím ale vznikajú aj škodlivé látky ako tuhé znečisťujúce látky (PM) alebo oxidy síry, dusíku a uhlíku (SO_2 , NO_x , CO_2), ktoré postupne zhoršujú klimatický stav planéty. Preto je v súčasnosti snaha nahradiť tieto palivá inými, ako napr. jadrovou energiou alebo obnoviteľnými zdrojmi energie [7].
- **Obnoviteľné zdroje energie:** vodná energia, veterná energia, slnečná energia, geotermálna energia, biomasa, energia prílivu a odlivu
 - ❖ Český zákon o životnom prostredí č. 17/1992 Sb. v § 7 odst. 2 definuje obnoviteľné zdroje takto: „Obnoviteľné prírodné zdroje majú schopnosť sa pri postupnom spotrebovávaní čiastočne alebo úplne obnovovať, a to samy alebo za pomoci človeka.“ Ich zdrojom sú predovšetkým jadrové fúzie vodíku vo vnútri Slnka, teplo zemského jadra, zotrvačnosť sústavy Zem – Mesiac. Hlavnou výhodou obnoviteľných zdrojov je to, že neprodukujú škodlivé látky, ktoré by zaťažovali životné prostredie. Nevýhodou je, že produkcia energie nie je stabilná a kolísava počas dňa aj počas roka, preto je vhodné ju akumulovať [6,7].

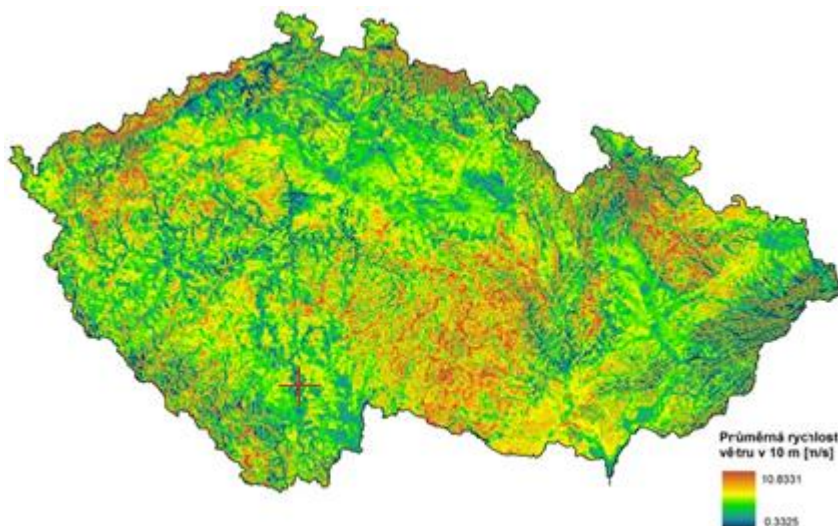
3 Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů

V dnešní době sa človek bez elektrickej energie v každodennom živote nezaobíde. Keďže väčšina elektrickej energie sa v Českej Republike (ďalej len ČR) vyrobí v uhoľných (41,5 %) či jadrových (32 %) elektrárnach, ktoré zaťažujú životné prostredie, je snaha o výrobu energie z obnoviteľných zdrojov. Pre tematiku rodinných domov sú na výrobu elektrickej energie najvhodnejšie slnečná a veterná energia, prípadne vodná energia, ak je v blízkosti domu stabilný vodný tok [8].

Keďže sa na pozemku nášho experimentálneho domu nenachádza žiadny vodný tok, nebudeme ďalej uvažovať výrobu elektrickej energie z vodnej energie.

3.1 Veterná energia

Vietor vzniká v atmosfére na základe rozdielnych teplôt a tlakov vzduchu. Rýchlosť vetra je závislá najmä na výške nad povrchom, s ktorou rastie exponenciálne [9].



Obr. 1 – Mapa priemernej rýchlosti vetra v 10 m v ČR [10]

3.1.1 Princíp veternej turbíny

Veterná energia sa premieňa na elektrickú energiu pomocou veternej elektrárne (turbíny) a generátoru. Najčastejšie sú veterné turbíny s horizontálnou osou otáčania, pre menšie výkony sa používajú aj veterné turbíny s vertikálnou osou otáčania. Veterná turbína sa skladá z piatich hlavných komponentov a to sú: betónový základ, stĺp, na stĺpe je gondola s generátorom a prevodovkou a veterná turbína s lopatkami [9].



Obr. 2 – Veterná turbína [11]

Čím je priemer lopatiek rotoru väčší a čím je väčšia rýchlosť prúdenia vzduchu, tým má veterná elektrárňa väčší výkon. Minimálna rýchlosť vetra pre roztočenie lopatiek väčšiny veterných turbín je medzi 4 – 5 metrov za sekundu (m/s) a maximálny výkon dosahujú pri rýchlosti vetra asi 15 m/s [9].

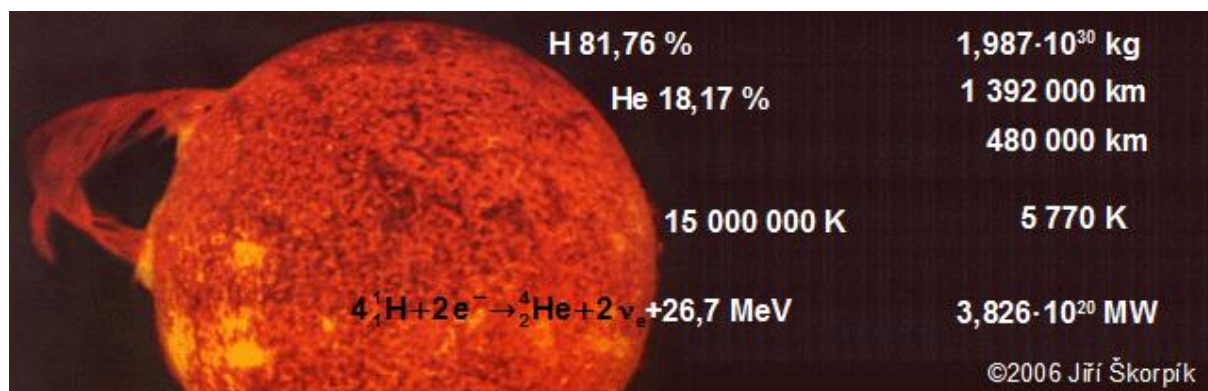
Na základe interaktívnej veternej mapy ústavu fyziky atmosféry akadémie vied ČR sme zistili, že priemerná rýchlosť vetra vo výške 10 metrov sa v Českých Budějoviciach pohybuje okolo hodnoty 2,8 m/s (viz Obr. 1) a hodnotu potrebnú na výrobu elektrickej energie dosahuje počas roka veľmi zriedka [12].

Preto sme sa rozhodli, že výroba elektrickej energie z energie veternej, tiež nie je vhodná pre našu lokalitu, pretože rýchlosť vetra takmer nedosiahne potrebnú rýchlosť na roztočenie lopatiek turbíny, ktorá už vôbec nedosiahne vyššie hodnoty výkonu. Preto by vyrobená elektrická energia nesplnila požiadavky na spotrebu rodiny v dome a investícia do veternej elektrárne by bola nevýhodná.

3.2 Slnčná energia

3.2.1 Slnko

Slnčnú energiu človek využíva priamo aj nepriamo v rôznych formách ako napríklad fosílna palivá, biomasa, vodná energia, energia vetra. Slnko sa skladá prevažne z vodíku a hélia. Zdrojom energie Slnka je termonukleárna reakcia, konkrétne jadrová syntéza (fúzia) izotopov vodíka (deutéria, trícia), ktoré sa premieňajú na hélium za vysokej teploty a tlaku [13].



Obr. 3 – Slnko a jeho charakteristické vlastnosti [13]

3.2.2 Slnčné žiarenie

Energia zo Slnka je prenášaná na Zem vo forme elektromagnetického žiarenia v celom rozsahu elektromagnetického spektra (od röntgenového a ultrafialového žiarenia až po rádiové). Najväčšia časť energie pripadá na svetelné a infračervené žiarenie. Na povrch Zeme, ktorý je osvetlený Slnkom dopadá energia s výkonom $1,8 \cdot 10^{17}$ W. Časť z tejto energie je atmosférou Zeme buď pohltená alebo odrazená späť do vesmíru [14, 15].

Vplyv atmosféry na slnečné žiarenie:

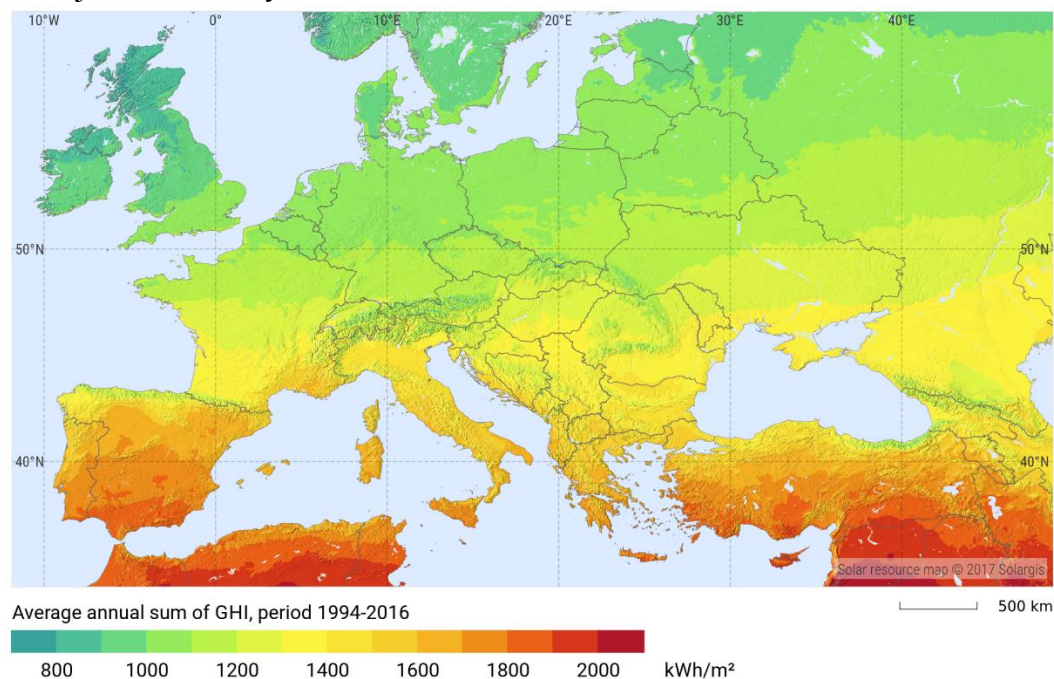
- Výška slnka nad obzorom, s ktorou súvisí hrúbka vrstvy vzduchu, cez ktorú musí slnečné žiarenie preniknúť (tzv. „Air Mass“ faktor)
- Nadmorská výška, ktorá tiež súvisí s hrúbkou vrstvy vzduchu
- Miera znečistenia atmosféry – aerosóly (hmla, smog, dym) a tuhé častice, ktoré znižujú intenzitu slnečného žiarenia najmä v mestách
- Oblačná pokrývka – najväčšou prekážkou v atmosfére sú mraky, ktoré časť žiarenia odrazia a zbytok rozptýlia tak, že nedopadajú zo smeru slnka, ale viac menej rovnomerne zo všetkých smerov [15]

Druhy slnečného žiarenia:

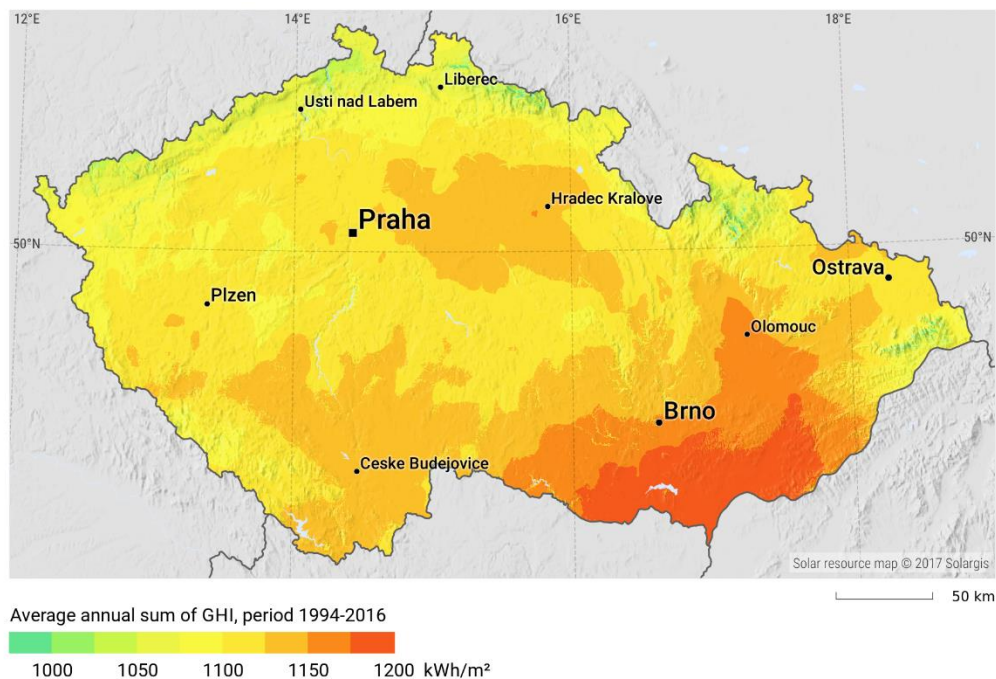
- **Priame** – dopadá na zemskú plochu priamo zo Slnka, teda nie je odrazené ani pohltené
- **Rozptýlené (difúzne)** – žiarenie, ktoré je pri prechode atmosférou odrazené a rozptýlené kvôli molekulám plynov (vodná para) a časticičkám v atmosfére (prach, dym)
- **Celkové (globálne)** – priame + difúzne žiarenie
- **Odrazené (albedo)** – odrazené od zemského povrchu, závisí od charakteru odrážajúceho povrchu, jeho farby, hustoty [16]

Slnčná konštanta – udáva celkové množstvo toku slnečnej energie, dopadajúcej kolmo na plochu 1 m^2 za jednotku času. Jej hodnota na hranici atmosféry je $1\,360 \text{ W/m}^2$.

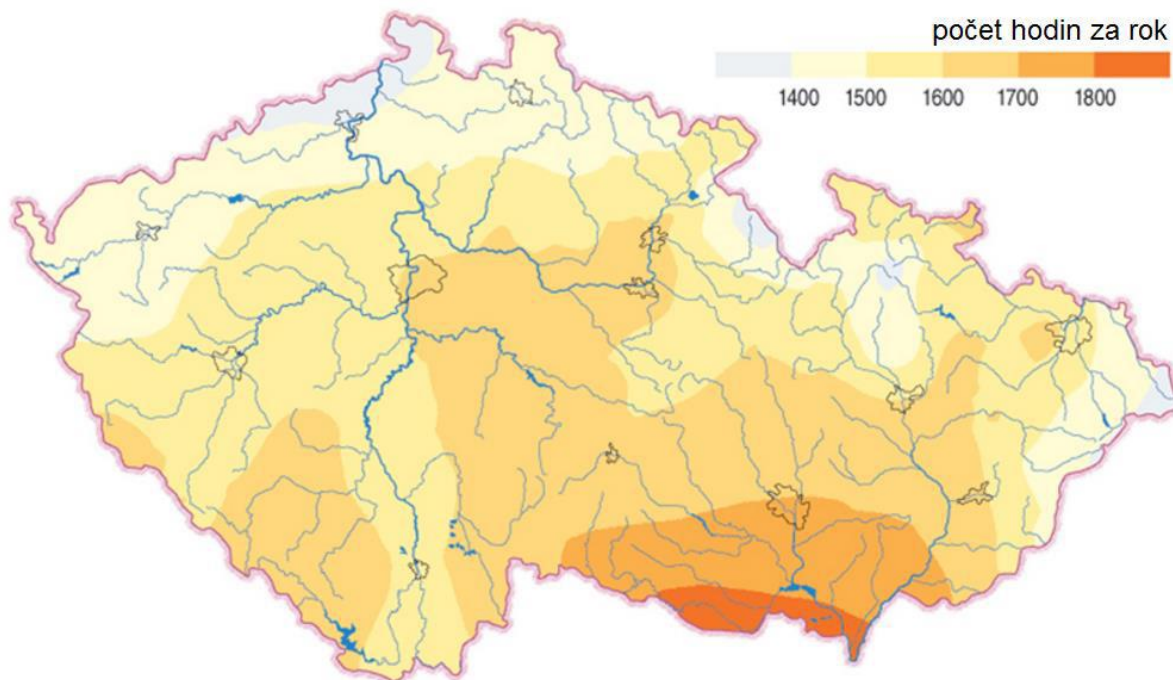
Intenzita slnečného žiarenia, ktoré dopadá na povrch zeme sa udáva vo wattoch na meter štvorcový (W/m^2) a je závislá najmä na zemepisnej šírke, podnebných podmienkach (miera oblačnosti a znečistenia) a nadmorskej výške. Teda má rôzne hodnoty na rôznych miestach na povrchu Zeme. Avšak pri využívaní slnečnej energie je dôležité aj koľko hodín za rok (mesiac/deň) v danej lokalite svieti Slnko tzv. doba osvetlenia. Na obrázkoch 4, 5, 6 vidíme mapy, ktoré udávajú tieto hodnoty.



Obr. 4 – Mapa priemernej slnečnej intenzity v Európe v rokoch 1994-2016 [17]



Obr. 5 – Mapa priemernej slnečnej intenzity v ČR v rokoch 1994-2016 [17]



Obr. 6 – Mapa trvania slnečného svitu za rok v ČR [18]

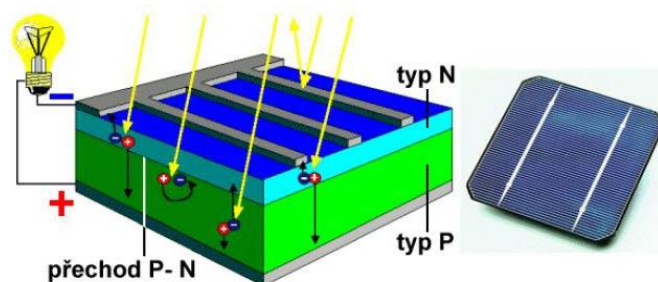
3.2.3 Princíp fotovoltaického článku

Solárny článok, ktorý zachytáva slnečnú energiu je tvorený z kremíkových doštičiek z veľmi čistého kremíku (99,999 %) s hrúbkou 0,3 – 0,5 mm a veľkosťou približne 100 x 100 mm. Nasledujúce javy vysvetľujú ako je transformovaná energia fotónov slnečného žiarenia na elektrickú energiu v solárnom článku [13].

Fotoelektrický jav – fotón slnečného žiarenia je schopný predať svoju energiu elektrónu v kove alebo polovodiči. Ak je povrch kovu ožiarený žiarením, dochádza k uvoľneniu elektrónov z jeho povrchu a ak je energia žiarenia dostatočná elektrón vyletí z povrchu kovu a zanechá po sebe kladný náboj tzv. diery [15].

Do kremíku z ktorého je doštička vyrobená sa často pridávajú prímеси.

P – N prechod: Na vrchnej strane je kremík obohatený (dopovaný) väčšinou fosforom – polovodič typu N. Analogicky na spodnej strane je kremík dopovaný väčšinou bórom – polovodič typu P. Rozdiel elektrických nábojov doštičiek vytvorí napätie približne 0,5 V. Pri dopade slnečného žiarenia s určitou vlnovou dĺžkou na vrchnú vrstvu doštičky, dochádza k uvoľneniu elektrónov, kvôli fotoelektrickému javu. Ak pripojíme na stranu P kladný pól zdroja napätia a na stranu N záporný pól zdroja napätia, uzavrieme obvod a elektróny musia prechádzať z vrstvy N do vrstvy P cez vodivé kontakty na vrchnej a spodnej strane doštičky a spotrebič. Takto vzniká elektrický prúd v solárnom článku [13,15].



Obr. 7 – P-N prechod [19]

3.2.4 Typy fotovoltaických článkov

Rozdelenie podľa generácii:

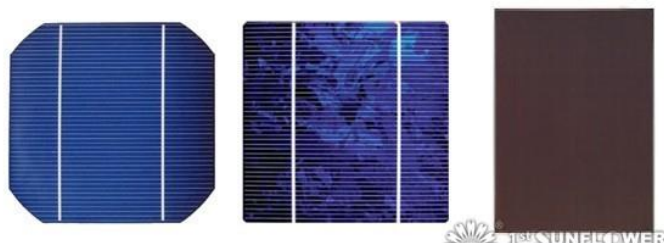
- **Prvá generácia** – fotovoltaické články vyrobené z monokryštalického kremíku, výhodami sú dobrá účinnosť, dlhodobá stabilita výkonu, najpoužívanejší typ. Nevýhodou je veľká spotreba veľmi čistého kremíku, ktorý je drahý a náročný na výrobu
- **Druhá generácia** – snaha znížiť spotrebu kremíku, používajú sa tenkovrstevné články z polykryštalického, mikrokryštalického alebo amorfného kremíku. Majú nižšiu účinnosť a menšiu stabilitu. Začínajú sa používať aj iné materiály než kremík. Môžu byť pružné, ohybné napr. fotovoltaické fólie.
- **Tretia generácia** – používajú k separácii nábojov iné metódy než p - n prechod alebo aj iné materiály než polovodiče. Sú to napr. fotoelektrochemické (fotogalvanické) články, polymérne články. Začínajú sa uplatňovať nanoštruktúry vo forme uhlíkových nanotrubičiek, nanotyčiniek alebo štruktúry vytvorené nanosením tzv. kvantových bodiek na vhodnú podložku. Avšak majú problémy s nízkou účinnosťou, malou stabilitou vlastností, životnosťou.
- **Štvrtá generácia** – kompozitné fotovoltaické články zložené z viacerých vrstiev, ktoré efektívne využívajú širšiu oblasť slnečného spektra. Každá vrstva dokáže využiť svetlo v určitom rozsahu vlnových dĺžok a žiarenie, ktoré nevyužije prepúšťa do hlbších vrstiev, kde je využité. [15]

V dnešnej dobe sú stále najpoužívanejším typom kremíkové fotovoltaické články. Tie môžeme ďalej rozdeliť podľa štruktúry kremíka [15,20]:

Monokryštalické kremíkové články – Je to najstarší typ kremíkového článku. Vyrábajú sa Czochralského metódou - pomalým ťahaním a rotáciou zárodku kryštálu z taveniny veľmi čistého polykryštalického kremíku vzniká tzv. ingot (tyč) monokryštalického kremíku, ktorý sa prireže na štvorcový prierez a potom sa reže drôtovou pílou na tenké plátky (wafers) hrubé 0,25 – 0,35 mm (dnes už aj 0,1 mm). Kremík sa musí pred týmto procesom roztaviť v kotli pri teplote 1420°C. Ribbon silicon – technológia, ktorá namiesto ingotu (tyče) ťahá z taveniny tenký pásik, ktorý sa následne reže laserom na jednotlivé články. Z rovnakého množstva kremíku takto vyrobíme dvojnásobnú plochu článkov, ktoré majú o niečo nižšiu účinnosť. Účinnosť je z kremíkových článkov najvyššia a teda medzi 14 – 17 %, najvyššia laboratórna účinnosť dosahuje až 25 %.

Polykryštalické kremíkové články – V dnešnej dobe najbežnejší typ článkov. Odlišíme ich od monokryštalických článkov už na pohľad, pretože vidíme hranice zŕn (kryštálov) kremíku, ktoré tvoria určitú štruktúru. Výroba sa zjednodušila, kremík sa vo vákuu zahreje na 1500°C a v grafitovom kelímku sa regulovane ochladzuje do blízkosti bodu topenia, čím vzniknú kremíkové bloky. Tieto bloky sa rozrežú na tyče a potom na doštičky. Vzniká teda menej odpadu ako pri rezaní valcových tyčí. Majú o niečo horšie elektrické vlastnosti (nižší prúd a účinnosť), pretože na styku jednotlivých zŕn kryštálu je o niečo väčší odpor. Účinnosť sa pohybuje medzi 13 – 16 %, najvyššia laboratórna účinnosť dosahuje 20 %.

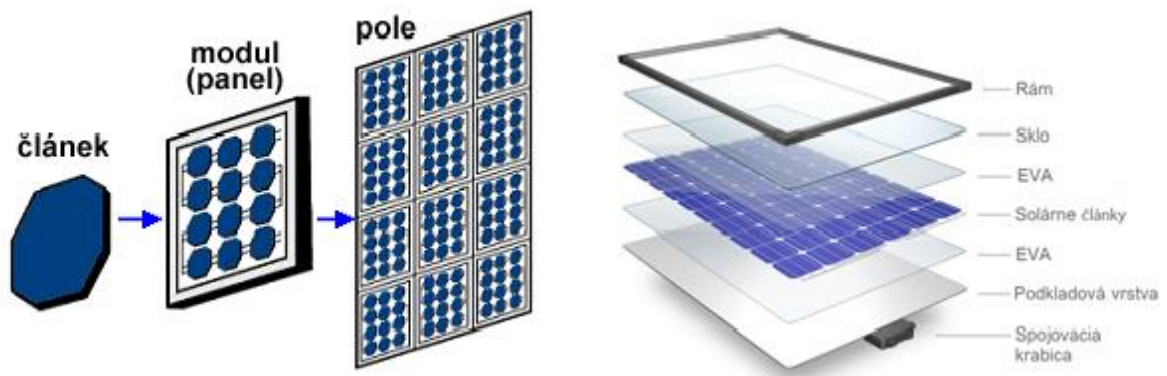
Amorfné kremíkové články – Už názov tohto typu článku napovedá, že nemá pravidelnú kryštalickú štruktúru. Tieto články dokážu absorbovať 90 % slnečného žiarenia už v 1 mm, preto môžu byť tenšie a teda aj lacnejšie. Ich výroba nie je natoľko technologicky náročná, pretože prebieha pri teplote 200°C a vyrábajú sa zo silanu či dichlorsilanu. Účinnosť týchto článkov sa pohybuje od 5 do 7 %, ale vytvorením viacvrstvého článku sa môže ešte zvýšiť. Laboratórne bola nameraná najvyššia účinnosť 12 %.



Obr. 8 – Monokryštalický (vľavo), polykryštalický (v strede), amorfný – tenkovrstevný (vpravo) kremíkový článok [21]

3.2.5 Fotovoltaický modul (panel)

Zadnú stenu panelu tvorí väčšinou laminátový kompozit, na ktorý sa pokladá EVA (etylenvinylacetát) fólia. Na túto fóliu sa uložia prepojené solárne články, ktoré sa zapájajú sériovo alebo sériovo – paralelne (kovový pásik spája predný kontakt jedného článku so zadným kontaktom druhého). Na články sa položí ďalšia vrstva EVA fólie a temperované sklo. Potom sa vyčerpá vzduch z panelu a zahreje sa, aby sa EVA fólia roztavila a zaliala priestor medzi sklom a laminátovým podkladom. Nakoniec sa panel vloží do hliníkového rámu, zatmelí silikónovým tmelom a opatrí krabičkou s výstupnými kontaktmi. Spojením viacerých solárnych panelov vzniká solárne (fotovoltaické) pole, ktoré sa inštaluje napr. na strechu domu. Solárny panel uložený do tohto hermeticky uzavretého puzdra môže mať životnosť 20 až 30 rokov [22,23].



Obr. 9 – Postup vzniku solárneho poľa (vľavo), Skladba solárneho modulu (vpravo) [23,24]

Výroba elektrickej energie zo slnečnej energie je pre náš experimentálny dom najvhodnejšia. Aj preto sme jej v tejto práci venovali viac priestoru ako ostatným.

4 Vykurovanie a ohrev teplej vody

Vykurovanie domu je jeho veľmi dôležitá súčasť pre zaistenie tepelnej pohody. Keďže dom má určité tepelné straty, teplo z neho uniká a toto unikajúce teplo musíme znova vyprodukovať. Výhodou vykurovania v nízkoenergetických domoch je, že nemajú veľké tepelné straty (do 50 kWh/m² za rok). Preto je v nízkoenergetickom dome dobré každé zníženie strát, či už rekuperáciou vzduchu alebo kvalitnou obálkou domu bez tepelných mostov a s dostatočnou izoláciou. Preto sa nízkoenergetické domy navrhujú s orientáciou na juh, aby maximalizovali pasívne solárne zisky zo Slnka cez veľké presklené plochy. Ďalšie pasívne tepelné zisky môžeme získať napr. vyžarovaním tepla z elektrospotrebičov, prípadne človeka samotného. Ďalej je dôležitá skutočnosť, že aj materiál z ktorého je dom postavený dokáže teplo akumulovať a tým pádom má určitú tepelnú zotrvačnosť, čo nám v závere pomôže znížiť náklady na vykurovanie, prípadne ušetriť na menej výkonnom zdroji tepla.

Ďalej potrebujeme v dome aj dostatok teplej vody (ďalej len „TV“) na spotrebu človeka či už je to teplá sprcha, kúpeľ alebo umývanie riadu.

Na vyprodukovanie tepla potrebujeme aktívny zdroj tepla a následne aj kvalitný systém distribúcie tepla v dome. Toto teplo sa môže distribuovať pomocou vhodného média, ktorým môže byť vzduch alebo voda. Podľa tohto pracovného média teda môžeme rozdeliť vykurovanie na teplovzdušné a teplovodné.

Teplovzdušné vykurovanie ako už názov napovedá využíva vzduchu ako média prenášajúceho teplo v priestoroch domu. Takýto typ vykurovania má výhodu rýchleho vykúrenia miestností, avšak pri vypnutí zdroja tepla, teplota rýchlo klesá. Je potrebné mať v dome rozvody a vyústenia pre teplý vzduch. Teplo prúdiace týmito vyústeniami nie je rovnomerne rozložené po miestnosti. Vzduch má horšie fyzikálne vlastnosti ako voda. Napr. merná tepelná kapacita, ktorej hodnota je 4x menšia oproti vode. Najmä kvôli týmto skutočnostiam sa odporúča použiť teplovzdušné vykurovanie napr. do rekreačných objektov kde sa nevykuruje permanentne a je potrebný rýchly spôsob vykurovania [25,26].

Teplovodné vykurovanie je vykurovanie využívajúce vodu ako teplotné médium. Voda sa síce zahrieva o niečo dlhšie ako vzduch, ale následne aj dlhšie chladne. Pri teplovodnom vykurovaní môžeme použiť buď vykurovacie telesá (radiátory), ktoré ohrievajú vzduch konvekciou, z čoho vyplýva, že vzduch nie je ohrievaný rovnomerne na rozdiel od podlahového, stenového či stropného vykurovania, kde prúdi ohriata voda vo vykurovacích trúbkách tzv. hadovi a teplo sa šíri z týchto plôch sálaním rovnomerne po miestnosti. Tento typ je vhodnejší pre permanentný pobyt človeka. Vykurovať môžeme aj vzdialenejšie miestnosti, nakoľko voda bude mať menšie straty pri prechode rozvodmi ako vzduch. Tiež môžeme použiť nízkoteplotné vykurovanie, ktoré nám zaistí rovnakú tepelnú pohodu pri nižších teplotách teplotného média a teda nám zase ušetrí energiu investovanú do vykurovacieho systému ako takého [25,27,28].

Zdroje tepla využívané na vykurovanie a ohrev TV môžu využívať rozličné druhy energie alebo paliva ako napr. kotle na uhlie, zemný plyn, biomasu (palivové drevo, pelety), elektrickú energiu (elektrické kotle, vykurovacie rohože), energiu slnka (fototermitické panely) či energiu

prostredia (tepelné čerpadlo). Keďže táto bakalárska je zameraná na využívanie obnoviteľných zdrojov energie, budeme sa ďalej venovať len zdrojom tepla využívajúcim obnoviteľné zdroje energie.

4.1 Biomasa ako zdroj energie pre vykurovanie

Biomasa je hmota organického pôvodu, ktorá vzniká fotosyntézou za prítomnosti slnečného žiarenia. Pre energetické účely sa väčšinou jedná o cielene pestované rastliny alebo rastlinný odpad z priemyslu. Energiu z biomasy získavame jej spaľovaním. Preto je pri palivách z biomasy dôležitá hodnota výhrevnosti, ktorá udáva akú energiu získame spálením 1 kilogramu (kg) paliva. Tiež je dôležitá vlhkosť paliva, ktorá výrazne ovplyvňuje proces spaľovania a znižuje výhrevnosť paliva. Nás zaujíma najmä taký druh biomasy, ktorý sa najčastejšie používa ako palivo do kotla alebo krbu. Jedná sa teda o kusové drevo, drevnú štiepku, prípadne brikety či pelety, ktoré sú zlisované z drevných zvyškov, pilín alebo odpadov z poľnohospodárskeho priemyslu tzv. agropelety [29, 30].

4.2 Zdroje tepla

4.2.1 Krbová vložka

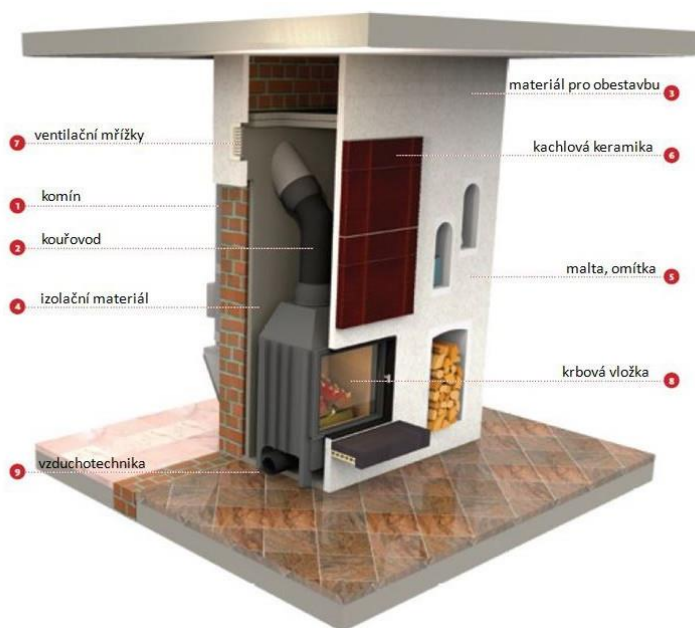
Krbová vložka je uzatvárateľné ohnisko so sklenenými dvierkami. Väčšinou je vyrobená z oceľového plechu alebo liatiny. Môže byť využívaná na zriedkavé kúrenie, ale aj na dlhodobý spaľovací proces. Tento typ zdroja tepla môže mať zabudovaný aj teplovodný výmenník pre vykurovanie či ohrev TV, ktorý je schopný predať do vody 47 – 75 % z jeho tepelného výkonu. Takýto typ krbovej vložky je najvhodnejší pre vykurovanie domu. Ďalej potrebuje stabilný prívod vzduchu, ktorý je väčšinou zabudovaný v dvierkach krbu, prípadne sa vzduch privádza externe z vonku. Odvod je zaistený spalínovodom do komína. Krbová vložka obostavaná krbovým plášťom dosahuje účinnosti aj viac ako 80 %. Ako palivo sa môže používať kusové drevo, drevené brikety ale aj plyn či elektrická energia. Môžeme ňou kúriť 24 hodín denne a po jednorazovom priložení paliva vydrží oheň horieť aj viac ako 10 hodín. Ohriaty vzduch buď vychádza von cez mriežky do miestnosti, kde cirkuluje a konvekčne ho ohrieva alebo je krbová vložka obostavaná akumulárnym materiálom (väčšinou šamotové dosky), kde sa teplo akumuluje, prestupuje materiálom a teplo z neho sála do miestnosti. Vďaka akumulácii tepla má veľkú tepelnú zotrvačnosť [31, 32, 33].

Výhody:

- tepelná zotrvačnosť;
- veľký výkon;
- dizajn;
- sálavé teplo

Nevýhody:

- zložitá regulácia výkonu (hrozí prehrievanie);
- potrebný spalínovod, komín, stály prívod vzduchu, palivo, prísun paliva (prikladanie);
- zložitá montáž so stavebnými prvkami;
- nerovnomerné rozloženie teploty v miestnosti;
- vysoká cena;
- pomalý nástup tepla



Obr. 10 – Schéma teplovzdušného krbu (krbovej vložky) [34]

4.2.2 Krbové kachle

Princíp funkcie je totožný s krbovou vložkou. Väčšinou sú vyrobené z liatiny a v ohnisku aj plášti majú zabudované šamotové dosky alebo iný akumulčný materiál. Ohrievajú vzduch sálaním z povrchu kachiel a taktiež konvekčne pri styku vzduchu s povrchom kachiel a následným prúdením ohriateho vzduchu v miestnosti. Rozdiel je v tom, že krbové kachle sú väčšinou voľne stojaci lokálny zdroj tepla, zatiaľ čo krbová vložka je umiestnená pri stene a obšavaná (zamurovaná). Účinnosť dosahuje rovnako ako krbová vložka okolo 80 %. Vyrábajú sa aj kachle so zabudovaným teplovodným výmenníkom pre ohrev vody do vykurovacieho systému [35].



Obr. 11 – Krbové kachle [36]

Výhody:

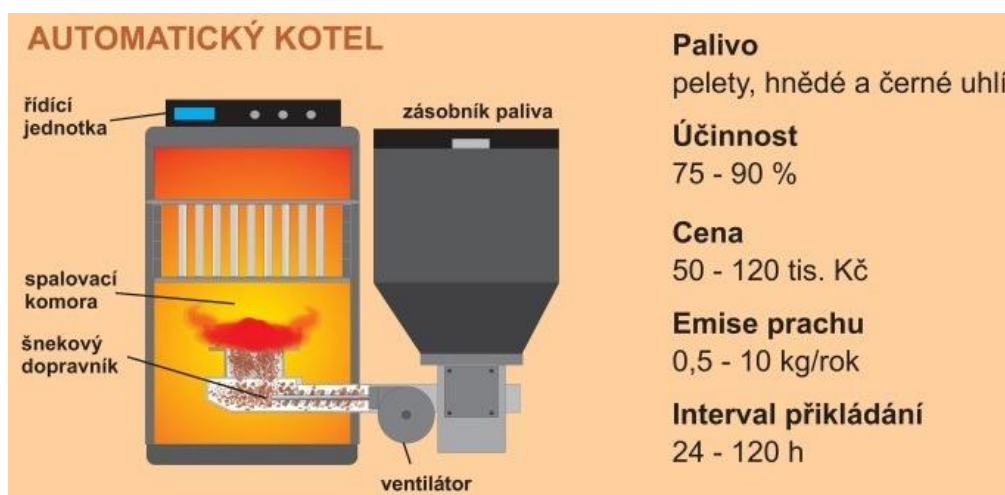
- nízká cena;
- dizajn;
- sálavé teplo;
- jednoduchá a rýchla montáž;
- variabilita paliva (kusové drevo, brikety, pelety);
- dostatočný výkon (pre nízkoenergetický dom)

Nevýhody:

- potrebný spalínovod, komín, stály prívod vzduchu, palivo, prísun paliva (prikladanie);
- nerovnomerné rozloženie teploty v miestnosti;
- regulácia výkonu

4.2.3 Kotel na tuhé palivo

Kotlov na tuhé palivá je v dnešnej dobe na trhu viacero typov napr. prehorievací, odhorievací, splynovací alebo automatický. Keďže najväčšiu účinnosť a najkomfortnejšiu prevádzku z nich má automatický kotel, budeme sa ďalej venovať tomuto typu kotla na tuhé palivo. Vysokú účinnosť má najmä vďaka automatickej doprave paliva do kotla, prísunu kyslíku ventilátorom, otočnému horáku a regulácii. Palivo je do kotla dodávané kontinuálne alebo cyklicky väčšinou slimákovým dopravníkom. Automatická doprava paliva zaisťuje stabilitu spaľovacieho procesu, stabilitu výkonu, vysokú účinnosť spaľovania, nízku produkciu emisií a vysoký komfort pre užívateľa. Zásobník paliva môže byť umiestnený mimo telesa kotla a na bežnú prevádzku vyžaduje o doplnenie v intervale 1 až 10 dní. Ak by sme mali väčší externý zásobník, môžeme tento interval predĺžiť aj na niekoľko mesiacov (záleží od veľkosti zásobníku v resp. jeho objemu) [37, 38].



Obr. 12 – Automatický kotel (schéma, charakteristika) [37]

Výhody:

- veľký výkon;
- vysoká účinnosť;

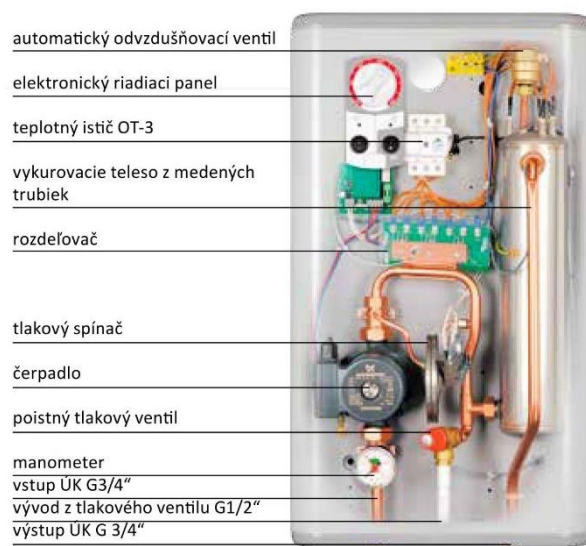
- relativne nízky interval dopĺňania paliva do zásobníku;
- dobrá regulácia;
- ekologická prevádzka

Nevýhody:

- vysoká cena;
- externý zásobník ;
- potrebný spalínovod, komín, palivo

4.2.4 Elektrický kotol

Elektrický kotol zohrieva vodu na vykurovanie pomocou elektrickej energie. Elektrický kotol sa skladá zo zaizolovaného valcového výmenníka, v ktorom sa nachádzajú vykurovacie špirály, ktoré vodu vo výmenníku ohrievajú. Môžeme ich rozdeliť na priamovýhrevné, z ktorých sa ohriata voda priamo dostáva do vykurovacieho systému a akumulčné, ktoré majú navyše akumulčnú nádrž, v ktorej môžu teplú vodu uchovať a zohrievať ju, keď je to potrebné. Účinnosť elektrických kotlov je až 99 % [39, 40].



Obr. 13 – Schéma elektrického kotla W Elektro [41]

Výhody:

- vysoká účinnosť;
- bezobslužná, tichá a ekologická prevádzka (bez emisií);
- bez potreby ďalšieho paliva alebo jeho uskladnenia;
- relativne nízke investičné náklady;
- jednoduchá montáž bez potreby spalínovodu či napojenia na komín

Nevýhody:

- najmä vysoké prevádzkové náklady kvôli cene elektrickej energie

4.2.5 Solárny kolektor (Fototermický panel)

Solárny kolektor premieňa slnečnú energiu, ktorá na panel dopadá na tepelnú energiu, ktorá je predávaná teplotosnej látke (nemrznúca kvapalina). Teplotosná látka následne vo výmenníku predáva teplo vode. Môžeme ich rozdeliť na kvapalinové, teplotovzdušné alebo kombinované. Plochý solárny kolektor sa skladá z absorbéru, skrine, izolácie a krycieho skla. Najjednoduchší absorbér by mohla byť čierna plastová trubica (odolná voči degradácii, pôsobení ultrafialového žiarenia, chlôru), ktorá by vďaka tmavej farbe pohlcovala slnečné žiarenie a ak by v nej bola voda, ohrievala by ju pre ďalšie využitie, napr. do bazénu. V súčasnosti sa technológie solárnych kolektorov značne zlepšili a najčastejšie používané sú ploché doskové solárne kolektory a vákuové trubicové kolektory. Ich účinnosti sa pohybujú okolo 60 % premeny slnečnej energie na tepelnú [42].

Plochý doskový kolektor:

Je tvorený plášťom kolektoru, ktorý je tepelne zaizolovaný minerálnou vlnou. V tejto izolácii sa nachádza zberné potrubie (väčšinou z medi), v ktorom prúdi teplotosné médium. Toto teplotosné médium po ohriatí prúdi do výmenníku tepla, kde predáva teplo vode. Nad zberným potrubím sa v kolektore nachádza ešte absorbér a kryt zo skla či polykarbonátu, ktorý prepustí slnečnú energiu dovnútra kolektoru a znižuje straty. Aj v týchto kolektoroch môže byť vytvorené vákuum [43].

Vákuový trubicový kolektor:

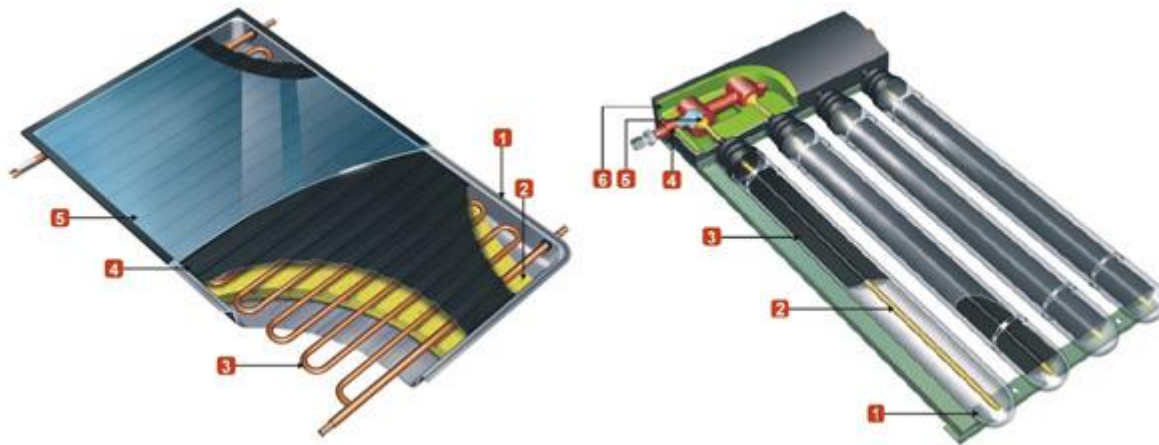
Pracuje podobne ako plochý doskový kolektor, s tým rozdielom, že zberné potrubie je umiestnené vo valcovej trubici (trubkovom obale), ktorá obsahuje absorbér tepelnej energie. V trubici je vytvorené vákuum a môže v nej byť zabudovaný aj koncentrátor slnečného žiarenia. Zberné potrubie je napojené opäť na výmenník, ktorý je opatrený tepelnoizolačnou vrstvou. Tepelné straty týchto kolektorov sú veľmi malé a dokážu získať dostatok tepla aj pri veľmi slabom žiarení (difúznom) alebo pri veľmi nízkych teplotách. Avšak ich cena je vyššia a sú náchylnejšie na mechanické poškodenie [43, 44].

Výhody:

- bezobsluhová, tichá a ekologická prevádzka (bez emisií);
- nízke prevádzkové náklady

Nevýhody:

- nízka účinnosť (kvôli difúznemu žiareniu, nízkej vonkajšej teplote);
- vysoká počiatočná investícia;
- zložitá montáž;
- nízky výkon;
- náchylné na mechanické poškodenie



Obr. 14 – Fototermický panel - plochý doskový (vľavo), trubicový vákuový (vpravo) [43]

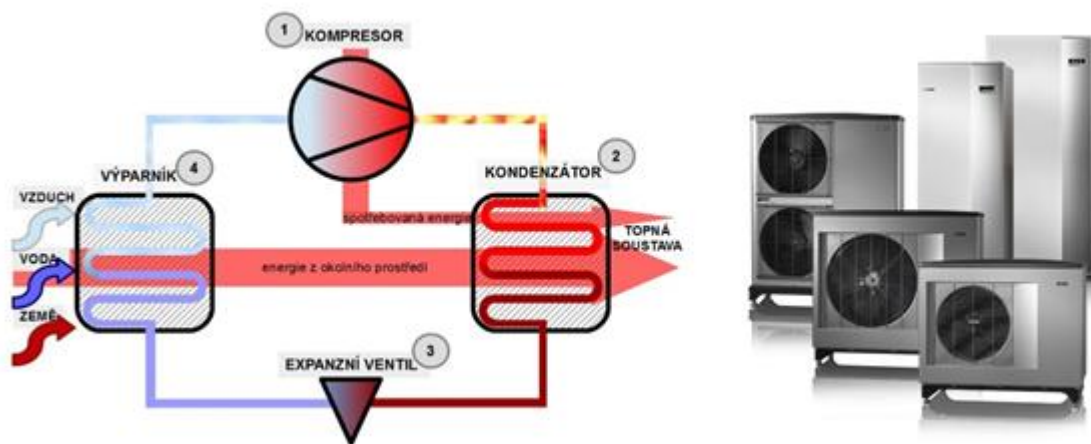
4.2.6 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlá (ďalej len „TČ“) sa rozdeľujú podľa princípu funkcie na kompresorové, adsorpčné a absorpčné. Keďže kompresorový typ čerpadiel je najrozšírenejším a v súčasnosti najviac používaným, budeme sa zaoberať týmto typom TČ [42].

TČ premieňa nízkopotenciálne teplo prostredia, ktoré je obsiahnuté v podzemnej či povrchovej vode, zemi alebo vzduchu na tepelnú energiu využiteľnú na vykurovanie či ohrev TV. Je zložené zo štyroch základných komponentov a to sú kompresor poháňaný elektromotorom, výparník, expanzný ventil a kondenzátor. V prvom výmenníku – výparníku odvádza TČ teplo z prostredia (zeme, vody, vzduchu), čím ho ochladzuje a naopak ohrieva teplonosné médium (chladivo) v TČ, ktoré zmení skupenstvo na plynné kvôli jeho nízkej teplote bodu varu. Odparené chladivo prúdi ďalej do kompresoru, kde sa značne zvýši jeho tlak aj teplota. Stlačené a ohriate chladivo ďalej prúdi do výmenníku – kondenzátoru, kde predá teplo vode (na vykurovanie, TV) a jeho skupenstvo sa znova zmení na kvapalné. Tento uzavretý cyklus končí expanzným ventilom, kde sa zníži tlak a teplota chladiva, ktoré sa následne opäť vracia do výparníku. TČ môže fungovať aj obráteným spôsobom, teda odoberať teplo z domu, čím ho ochladzuje (v lete) a predávať teplo do prostredia [42, 45].

Je tiež dôležité, že TČ sa rozdeľujú aj podľa toho z akého prostredia teplo odoberajú – zem, voda, vzduch a do akého média toto teplo predávajú – voda, vzduch.

Základným parametrom pri TČ je tzv. vykurovací faktor, je to bezrozmerná veličina a hovorí o účinnosti, s ktorou dokáže premieňať el. energiu, ktorá sa spotrebúva na chod kompresora, na tepelnú energiu dodávanú do vykurovacieho systému. Je to teoretický pomer medzi vyrobeným teplom a spotrebovanou el. energiou. Čím je vyšší vykurovací faktor, tým je lepšie TČ. Najvyššie hodnoty vykurovacieho faktoru dosahuje TČ odoberajúce teplo zo zeme a naopak najmenší vykurovací faktor majú TČ odoberajúce teplo zo vzduchu [46].



Obr. 15 – Schéma činnosti TČ (vľavo), Vonkajšie a vnútorné jednotky TČ (vpravo) [47, 48]

Výhody:

- nízke náklady na prevádzku;
- bez potreby paliva;
- bezobsluhová a ekologická prevádzka (bez emisií);
- regulácia výkonu;
- možnosť chladenia

Nevýhody:

- vysoká počiatočná investícia;
- zložitá montáž a napojenie na vykurovací systém – najmä pri TČ odoberajúcich teplo z vody alebo zeme – potrebný hĺbkový vrt (do hĺbky od 30 m do 150 m) alebo plošný výkop (do hĺbky 1,5 m až 2 m);
- hlučnosť ventilátoru (pri TČ vzduch – voda, vzduch – vzduch)

5 Vetranie

Vetranie je nedielnou súčasťou nízkoenergetického domu pre zaistenie zdravej klímy a kvality ovzdušia v dome. Má za cieľ nahradiť vydýchaný vnútorný vzduch s nečistotami ako sú vodná para, prach, plesne či chorobotvorné zárodky alebo toxické látky z nábytku, stavebného materiálu či chemických čistiacich prostriedkov za čerstvý vonkajší vzduch s dostatkom kyslíka pre zdravé fungovanie organizmu človeka. Keďže v nízkoenergetickom dome je kladený veľký dôraz na nízke tepelné straty, často sa využíva spätné získavanie tepla odvádzaného vzduchu.

Vetranie delíme na:

- **Prirodzené vetranie:**

Je najjednoduchším, najmenej účinným avšak stále najviac používaným spôsobom vetrania. Dôležité je aby medzi vonkajším a vnútorným prostredím bol určitý tlakový rozdiel, bez ktorého bude takýto typ vetrania neúčinný. Je to tzv. gravitačné vetranie, nakoľko je spôsobené rozdielnou hustotou ľahšieho, teplého (vnútorného) vzduchu a ťažšieho, studeného (vonkajšieho) vzduchu. Čím je rozdiel teplôt väčší, tým je výmena vzduchu intenzívnejšia. Jedná sa väčšinou o vetranie infiltráciou vzduchu cez netesnosti v stavbe alebo nárazové vetranie otváraním okien, čo spôsobuje veľké tepelné straty. Je to v podstate neregulovateľný spôsob vetrania a vyžaduje aktívnu prítomnosť človeka (čo je napr. v spánku ťažko realizovateľné).

- **Nútené vetranie:**

Vzduch je odvádzaný pomocou ventilátora a do domu je dodávané presné množstvo vzduchu, ktoré je potrebné pre zdravú mikroklimu v dome. Tento typ vetrania môžeme ďalej rozdeliť na:

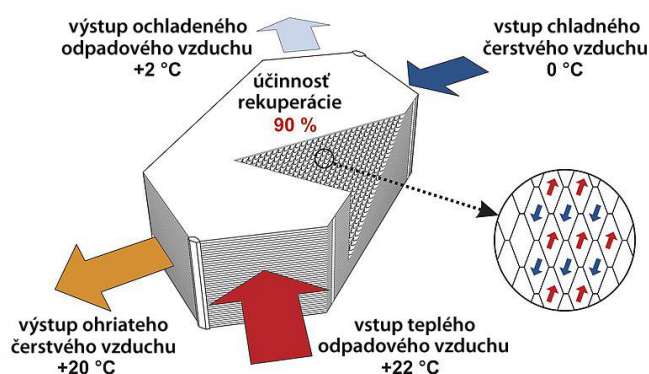
- ❖ **Podtlakové nútené vetranie** – prívod vzduchu je riešený prírodnými otvormi v stenách, príp. špeciálne navrhnutými oknami, ktoré obsahujú otvory na prívod vzduchu, tieto otvory môžu byť regulovateľné a môžu obsahovať tlmiče hluku alebo filtre. Odvod vzduchu zabezpečuje centrálny alebo lokálne ventilátory. Avšak ventilátor pracuje jednosmerne a vzduch iba odvádza, čím vzniká v dome podtlak a zvyšuje sa infiltrácia vzduchu netesnosťami domu. Ventilátor musí byť navrhnutý tak, aby prekonal tlakové straty prírodných a prechodových otvorov aj odvodného vzduchovodu za každých podmienok.

- ❖ **Rovnotlakové nútené vetranie** – privádzaný vzduch z vonku prechádza cez rozvody do vzduchotechnickej jednotky, v ktorej je upravený na potrebnú kvalitu (teplotu, vlhkosť, čistotu, atď.). Vzduchotechnické rozvody sú rozmiestnené po celom dome. Odt'ah vzduchu je v miestnostiach ako kuchyňa, kúpeľňa, WC a prívod je zabezpečený v obytných miestnostiach ako spálňa, izby, obývačka. Tento spôsob vetrania je výborne regulovateľný a môže byť zautomatizovaný. V rozvodoch, či vzduchotechnickej jednotke môžu byť rozmiestnené snímače CO₂, vlhkosti, tlmiče hluku, filtre (na hrubé nečistoty, peľ, prach), odvlhčovače, ohrievač, chladič alebo ionizátor vzduchu. Jednotka môže, ale nemusí obsahovať výmenník na spätné získavanie tepla (rekuperáciu) z odvádzaného, „odpadného“ vzduchu, ktorá môže značne znížiť náklady na vykurovanie domu [49, 50, 51].

Ďalej môžeme vetranie rozdeliť na lokálne či centrálné podľa toho či vetráme každú miestnosť (byt) samostatne malými lokálnymi ventilátormi, príp. menšou vzduchotechnickou jednotkou alebo centrálné teda spoločne celý dom, príp. viacero bytov pomocou jednej vzduchotechnickej jednotky.

5.1 Rekuperačný výmenník

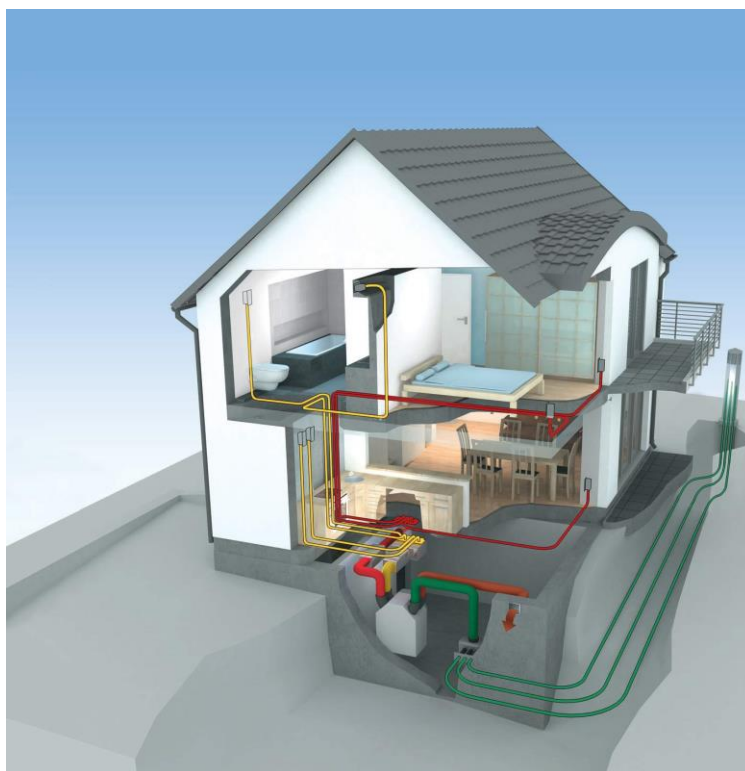
Je to výmenník, ktorý využíva teplo odvádzaného, „odpadného“ vzduchu a ohrieva privádzaný vzduch. Jedná sa teda o spätné získavanie tepla, ktoré nám môže ušetriť náklady na vykurovanie. Tieto výmenníky dosahujú v praxi až 90 % účinnosti. Používajú sa väčšinou doskové výmenníky. Pri tomto prenose tepla nedochádza k premiešaniu čerstvého a odpadného vzduchu. Keď rekuperácia vzduchu nie je potrebná, vzduch prechádza jednotkou tzv. „bypassom“, aby sa napr. v lete neohrieval chladnejší vonkajší vzduch, keď potrebujeme skôr nižšiu teplotu privádzaného vzduchu kvôli prípadnému prehrievaniu stavby slnkom počas dňa [52, 53].



Obr. 16 – Princíp funkcie rekuperačného výmenníka [54]

5.2 Zemný vzduchový výmenník (kolektor)

Jeho princíp spočíva v tom, že prívod vzduchu je zabezpečený pomocou potrubia, ktoré je vedené pod zemou v hĺbke 1,5 až 2 metre, kde je relatívne stabilná teplota počas roka (medzi 5 – 15°C). V lete privádzaný vzduch ochladzuje a v zime ohrieva, tým znižuje potrebný výkon pre dohriatie vzduchu (v zime), príp. ochladenie (v lete). Väčšinou sa používa polyetylénové hladké potrubie s priemerom 100 až 200 mm. V potrubí je potrebný spád 2 – 3 % smerom k vzduchotechnickej jednotke kvôli odvodu vzniknutého kondenzátu. Avšak s týmto typom výmenníku sú spojené aj problémy ako prienik mikroorganizmov z pôdy prípadne vznik plesní kvôli nesprávnemu návrhu a nedostatočnému odvodu kondenzátu [55, 56].



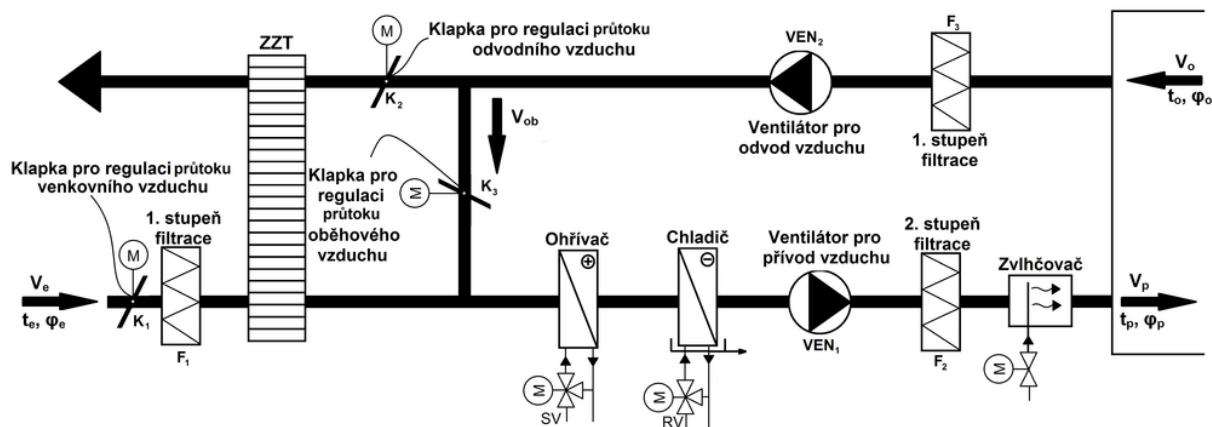
Obr. 17 – Rozvody vetrania so zemným výmenníkom [55]

5.3 Časti vzduchotechnického systému

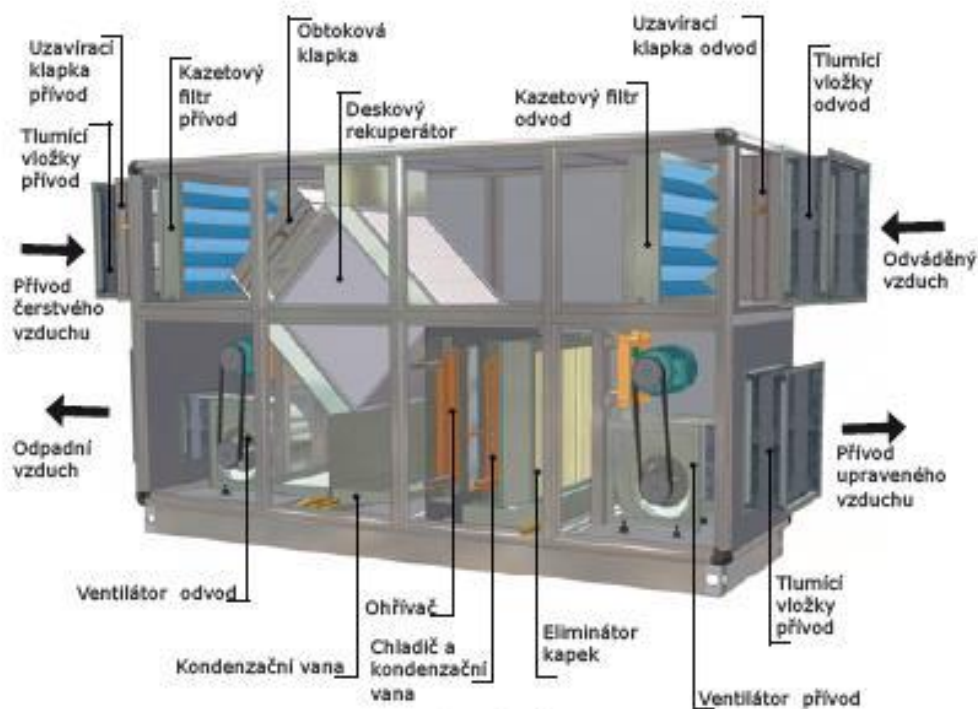
- **Vzduchotechnická jednotka** – je hlavným komponentom systému. Skladá sa z privodného a odvodného ventilátora, rekuperačného výmenníku, filtrov, regulačných klapiek a ďalších prídavných zariadení (ohrievač, chladič, tlmič hluku, ionizátor, ...)
- **Rekuperačný výmenník** – má za funkciu odovzdanie energie odvádzaného vzduchu do privodného vzduchu. Znižuje náklady na ohrev vzduchu na požadovanú vnútornú teplotu. Používajú sa doskové alebo rotačné výmenníky.
- **Filtre** – zabezpečujú čistotu vzduchu a zároveň chránia výmenník pred znečistením. Označujú sa písmenom a číslom napr. G3, G4, F4, F5, F6, H13, H14, atď. Čím je vyššie číslo, tým je filter účinnejší.
- **Regulácia** – slúži na nastavenie a reguláciu privádzaného vzduchu, teploty vzduchu, atď. Sú tu zahrnuté snímače teploty, vlhkosti či CO₂, ktoré môžu upozorniť na vysoké koncentrácie a prispôsobiť odťah v miestnosti. Prípadne informovať o poruchách, či znečistení filtrov.
- **Vzduchotechnické rozvody** – slúžia na distribúciu vzduchu v objekte, spájajú všetky prvky systému, sú umiestnené väčšinou v podhl'ade pod stropom, ak vedú nevykurovanými priestormi je vhodné ich izolovať, čo spôsobí aj menšiu hlučnosť. Sú vyrobené väčšinou z plastov, hliníka alebo pozinkovanej ocele (spiro).
- **Otvor pre privod a odvod vzduchu** – vstupný otvor je často umiestnený na obvodovej stene domu, chránený mriežkou proti nečistotám. Výstupný otvor býva umiestnený na streche domu. Obidva otvory by mali byť umiestnené vo väčšej vzdialenosti od spálňí a izieb nakoľko generujú hluk zároveň by sa nemali nachádzať napr. pri kanalizácii alebo výstupe odpadného vzduchu kvôli pachom. Tiež je vhodné, aby otvor pre privod

vzduchu nebol na južnej strane domu, ktorá je počas letných dní vyhriata od slnka a ohrieva aj okolitý vzduch.

- **Prívodné a odťahové vyústenia** – slúžia na prívod a odťah vzduchu v miestnostiach, sú osadené mriežkami. Mali by byť osadené tak, aby nespôsobovali nepohodlie, teda aby nefúkali vzduch priamo na osoby [49].



Obr. 18 – Schéma vzduchotechnickej jednotky [57]



Obr. 19 – Schéma vzduchotechnickej jednotky [58]

6 Nové trendy v energetike RD

Ohľadom stavby energeticky nenáročných rodinných domov je hlavne snaha znižovať tepelné straty domu, zvyšovať pasívne zisky tepla či využívať ekologické materiály, ktoré sú dostupné a ich výroba aj likvidácia nie je náročná pre životné prostredie. Čo sa týka výroby energie je snaha zlepšovať technológie solárnych článkov aj veterných turbín, či obnoviteľných zdrojov energie ako takých a zároveň snaha lepšie energiu akumulovať. Zároveň znižovať náklady na tieto technológie, aby boli dostupné pre bežného užívateľa.

6.1 Okno ako solárny panel

Využíva technológie solárneho koncentrátora. Princíp tejto technológie je taký, že sa veľké sklenené plochy natrú špeciálnym farbivom, ktoré absorbuje svetlo v rôznych vlnových dĺžkach a získaná energia je potom presmerovaná do okrajov okna, kde sa nachádzajú solárne články. Preto nám stačí menšia plocha solárnych článkov, avšak energia je presmerovaná z celej plochy okenného panelu. Je to možné vďaka špeciálnej zmesi farbív, ktorá energiu pohlcuje a vedie správnym smerom [59].

6.2 Solárne žalúzie

Solárne žalúzie, ktoré svietia s názvom Blight. Sú to vlastne normálne okenné žalúzie, ale sú z polovice pokryté tenkovrstvovým solárnym článkom a z druhej polovice špeciálnou elektroluminiscenčnou fóliou, ktorá svieti. Vo vrchnej časti je tiež lítium – iónová batéria, ktorá sa cez deň vďaka solárnym článkom nabije, aby v noci osvetlila interiér. Žalúzie teda cez deň zabráňujú zbytočnému prehrievaniu interiéru a v noci ušetria energiu za osvetlenie [59].

6.3 Automatizácia fotovoltického systému

V súčasnosti je čoraz väčší trend automatizácia už aj v problematike rodinných domov. Výroba elektrickej energie z fotovoltického systému sa dá dopredu predvídať s pomocou meteorologických predpovedí a preto vieme, kedy energiu z batérií využívať a kedy ju naopak uchovať v prípade dlhšieho intervalu zlého počasia. Tieto technológie nám pomáhajú maximalizovať výrobu fotovoltickej elektrárne a zároveň minimalizovať napríklad odber zo siete pri hybridnom zapojení alebo predaj do siete, keď je to najvýhodnejšie. Stáva sa, že sa energia z elektrární marí v sieti a preto je možné, že vám za odber dokonca zaplatia. Ak skombinujeme takto zautomatizovanú výrobu elektrickej energie napr. s tepelným čerpadlom môžeme ušetriť aj na výrobe tepla.

6.4 Nanosolar

Použitie nanotechnológií pri výrobe solárnych článkov sa tiež ukazuje ako veľmi výhodné. Pomocou nanotechnológií sa dajú tlačiť solárne články na pružnú fóliu, ktorá dokáže pracovať v extrémnych teplotách (od - 40 °C do + 80 °C), pri extrémnej vlhkosti, či intenzívnom UV žiarení. Životnosť by mala byť min. 25 rokov, ale hlavnou výhodou sú nízke materiálové a výrobné náklady (teda veľmi krátka návratnosť) [59].

7 Praktická část

7.1 Experimentální dom

V této bakalářské práci bude na výpočty použitý modelový rodinný dom navrhnutý studentem VUT Stavební fakulty Filipem Kačmářem, který tento dom navrhoval do soutěže český ostrovní dom. Tento dom byl navrhovaný, aby jeho energetická náročnost byla co nejmenší s ohledem na množství spotřebované primární energie, ale aby v něm zároveň bylo zdravé vnitřní prostředí a aby použité materiály nezatěžovali životné prostředí, tedy aby byl ekologický.

Tento dom má být primárně postavený z přírodních, místních materiálů jako je dřevo, slama, hlina, íl, vápno. Mal by být postavený v lokalitě Českých Budějovic.



Obr. 20 – Experimentální dom [60]

Tento dom má podle návrhu vypočítanou hodnotu roční spotřeby tepla na vykurovanie 27 kWh/m^2 z čoho vyplýva, že dom kategorizujeme ako nízkoenergetický. Celkový súčet tepelných strát prestupom domu je $2\,373 \text{ W}$. Dom má objem $594,64 \text{ m}^3$.

7.2 Návrh vetracieho systému

Prirodzené vetranie je veľmi nevhodný spôsob vetrania, pretože spôsobuje veľké tepelné straty a je potrebné manuálne otvárať okná. Týmto spôsobom tiež nevieme regulovať prívod vzduchu do objektu. Preto volíme vetranie nútené rovnotlakové s prívodom aj odvodom vzduchu v dome. Ďalšou možnosťou je vetranie lokálne alebo centrálné. Vetrание lokálne sa využíva väčšinou pri prestavbách domu a znižovaní ich energetickej náročnosti, nakoľko na centrálné vetranie sú potrebné vzduchotechnické rozvody kvôli distribúcii vzduchu a teda je potrebné zasahovať do stavby ako takej. Keďže pracujeme iba s návrhom budovy, ktorá bude novostavbou, navrhujem **centrálné rovnotlakové nútené vetranie so spätným získavaním tepla**.

Tepelná strata vetraním

Ak by sme k vetraníu nepoužili vzduchotechnickú jednotku, ale zvolili prirodzený spôsob vetrania, teda otváraním okien, ktorým by sme chceli vetrať celý objem domu vznikla by tepelná strata výmenou vzduchu rozdielných teplôt. Keďže dom je navrhovaný, aby bol dokonale odolný voči infiltrácii vzduchu (vzduchotesný) túto možnosť ďalej nebudeme brať do úvahy.

Objemový prietok vzduchu vetraním

Vnútrotný objem domu je $V_D = 594,6 \text{ m}^3$ a intenzita výmeny vzduchu je rovná hodnote $n_V = 0,5 \text{ h}^{-1}$.

$$\dot{V}_v = n_V \times V_D = 0,5 \text{ h}^{-1} \times 594,6 \text{ m}^3 = 297,3 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,0826 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (1)$$

Kde:

$\dot{V}_v$ – objemový prietok vzduchu vetraním
 n_V – intenzita výmeny vzduchu
 V_D – vnútrotný objem domu

Výpočtový rozdiel teplôt

Maximálna výpočtová vonkajšia teplota pre územie Českých Budějovic sa uvažuje podľa ČSN 06 0210 a ČSN 38 3350; $t_e = -15 \text{ °C}$ [61].

$$\Delta t = [t_i - t_e] = [19 \text{ °C} - (-15 \text{ °C})] = 34 \text{ °C} = 34 \text{ K} \quad (2)$$

Kde:

Δt – teplotný rozdiel
 t_i – navrhovaná vnútrotná teplota
 t_e – výpočtová vonkajšia teplota

Tepelná strata výmenou vzduchu

Tepelnú stratu vypočítame pomocou kalorimetrickej rovnice. Potrebujeme poznať hodnoty hustoty vzduchu, mernej tepelnej kapacity vzduchu, objemového prietoku vzduchu a výpočtový rozdiel teplôt medzi vonkajším a vnútrotným prostredím (viz rovnica 2).

$$\begin{aligned} Q_{VZ} &= \rho_v \times c_{pv} \times \dot{V}_v \times \Delta t = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1010 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 0,0826 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 34 \text{ K} = \\ &= 3667,6 \text{ W} \end{aligned} \quad (3)$$

Kde:

$\dot{Q}_{VZ}$ – tepelná strata výmenou vzduchu
 ρ_v – hustota vzduchu
 c_{pv} – merná tepelná kapacita vzduchu
 $\dot{V}_v$ – objemový prietok vzduchu vetraním

Δt – teplotný rozdiel

Ak by sme vetrali pomocou vzduchotechnickej jednotky tieto straty môžeme značne znížiť.

Preto sme sa rozhodli použiť centrálnu vzduchotechnickú jednotku s rekuperačným výmenníkom Zehnder ComfoD 350. Pre zdravé fungovanie človeka by sa mala vymeniť polovica objemu vzduchu v miestnosti (objekte) za hodinu. Čo je pre náš dom, viz rovnica (1), 297,3 metrov kubických za hodinu (m^3/h). Vzduchotechnickú jednotku s väčším objemovým prietokom ($350 \text{ m}^3/\text{h}$) sme navrhli, aby prekonala tlakové straty potrubia, prípadne, aby bola schopná odvetrať viac ako polovicu objemu v niektorej z miestností, ak by to bolo potrebné. Tiež sa neodporúča, aby ventilátor pracoval na plný výkon kvôli opotrebeniu či účinnosti rekuperácie. Táto vzduchotechnická jednotka má účinnosť rekuperácie 95 %. Investícia do tejto jednotky je 64 676 Kč. Rozvody, snímače, regulácia, doprava a montáž nás vyjde odhadom dohromady na 100 000 Kč. Teda po zaokrúhlení by nás táto vzduchotechnická jednotka vyšla 165 000 Kč [62].



Obr. 21 - Vzduchotechnická jednotka Zehnder ComfoD 350 [62]

7.3 Návrh systému na vykurovanie

Celkové teplo, ktoré potrebujeme v dome vyprodukovať musí vyvážiť tepelné straty prestupom tepla domu cez obálku stavby, tepelné straty vetraním a teplo potrebné na ohrev vody.

Pretože dom nie je reálne postavený a pracujeme iba s jeho návrhom, nemusia nás obmedzovať stavebné zásahy do domu potrebné pre systém vykurovania. Rozhodli sme sa preto použiť **teplovodné podlahové vykurovanie**, ktoré bude umiestnené v obytných miestnostiach domu. Čo sa týka zdroja tepla na vykurovanie v kapitole 4.2 sme popísali typy zdrojov tepla využívajúce obnoviteľne zdroje energie a tiež sme popísali ich výhody a nevýhody. V podstate by bolo možné použiť každý z uvedených zdrojov tepla, avšak niektoré sú pre náš experimentálny dom vhodnejšie a iné menej vhodné.

Najvhodnejšie by boli krbové kachle s teplovodným výmenníkom, automatický kotol na biomasu s nízkym výkonom alebo tepelné čerpadlo vzduch – voda, ktoré nemá až tak vysoké investičné náklady ako ostatné typy TČ.

Teplo potřebné na ohrev TV

Člověk denne spotřebuje přibližně 50 litrov teplej vody. Teplota studenej vody v rozvodech má v zime teplotu 5 °C (= 278,15 K) a teplotu teplej vody sme navrhli 55 °C (= 328,15 K). Predpokladáme, že v našom experimentálnom dome bude žiť 4 – členná rodina. Množstvo potrebnej vody teda bude 200 litrov za deň. 200 litrov vody má hmotnosť 200 kg. Dobu ohrevu predpokladajme 5 hodín.

$$J = W \cdot s \Rightarrow 3600 W \cdot s = 3600 J \Rightarrow J = \frac{W \cdot h}{3600}$$
$$Q_{TV} = \frac{m_{TV} \times c_p \times (t_2 - t_1)}{\tau} = \frac{200 \text{ kg} \times \frac{4186 \text{ W} \cdot \text{h}}{3600 \text{ kg} \cdot \text{K}} \times (328,15 \text{ K} - 278,15 \text{ K})}{5 \text{ h}} =$$
$$= 2325,56 \text{ W} \quad (4)$$

Kde:

Q_{TV} – teplo potřebné na ohrev vody

m_{TV} – hmotnosť vody

c_p – merná tepelná kapacita vody

τ – doba ohrevu

t_2 – vykurovací teplota

t_1 – teplota studenej vody

Celkové tepelné straty

Ak teda spočítame tepelné straty domu prestupom a tepelnú stratu vetraním. Získame celkové tepelné straty domu. Ak k týmto stratám pripočítame teplo potřebné na ohrev vody za deň, získame tepelný výkon, podľa ktorého bude navrhovaný zdroj tepla.

S použitím vzduchotechnickej jednotky, ktorá má účinnosť spätného získavanie tepla 95 % môžeme znížiť tepelné straty vetraním. Avšak táto účinnosť je reálna iba pri ideálnych podmienkach, preto rátame s účinnosťou rekuperácie 80 %. Týmto znížime tepelné straty vetraním z rovnice (3) na 20 %. Tepelné straty prestupom (Q_P) sú 2 373 W.

$$Q_S = Q_P + (0,2 \times Q_{VZ}) = 2,373 \text{ kW} + (0,2 \times 3,668) \text{ kW} =$$
$$= 3,1066 \text{ kW} \quad (5)$$

Kde:

Q_S – celková tepelná strata domu

Q_P – tepelná strata prestupom

Q_{VZ} – tepelná strata výmenou vzduchu

Výkon vykurovacej sústavy

$$Q_{VYT} = Q_S + Q_{TV} = 3,1066 \text{ kW} + 2,3256 \text{ kW} = 5,4322 \text{ kW}$$

(6)

Kde:

Q_{VYT} – celkový tepelný výkon

Q_S – celková tepelná strata

Q_{TV} – teplo potřebné na ohrev vody

Ročná potřeba tepla na vykurovanie a ohrev TV

Ročnú spotrebu sme vyrátali pomocou kalkulačtoru internetovej stránky tzb-info.cz, ktorý pracuje s normami ČSN 06 0210 a informácie z normy ČSN 38 3350 viz Príloha A. [63]

Ročná tepelná spotreba je teda 12,1 MWh/rok v resp. 43,6 GJ/rok.

Variant A

Ako **primárny zdroj** sme zvolili krbové kachle s teplovodným výmenníkom od firmy Haas+Sohn typ Avesta TV. Tieto krbové kachle majú regulovateľný výkon 3,5 až 10 kW, z čoho použiteľný výkon do vody na vykurovanie je 7,2 kW. Účinnosť spaľovania týchto kachiel je 80 %. Ako palivo môžeme použiť drevo alebo drevouhoľné brikety. Cena týchto kachiel je 36 230 Kč za pripojenie a montáž zaplatíme odhadom 10 000 Kč. Cena dubového dreva s vlhkosťou 25 % je 2150 Kč za 565 kg, jeho výhrevnosť je 13,2 MJ/kg [64, 65, 66].

Ďalej je vhodné použiť aj **doplňkový** (záložný) **zdroj** tepla v prípade silných mrazov alebo neprítomnosti a nemožnosti doplniť palivo do krbových kachiel.

Ako pomocný zdroj tepla sme zvolili elektrický kotol od firmy Protherm typ RAY 6 KE, ktorý má regulovateľný výkon od 1 kW do 6 kW. Účinnosť tohoto kotla je 99,5 %. Cena tohto typu kotla je 14 886 Kč. Montáž elektrického kotla sa pohybuje okolo 7 000 Kč. Elektrická energia pre využívanie elektrického kotla sa pohybuje okolo ceny 3,7 Kč/kWh podľa tarify D 25d [67, 68, 69].

Navrhujeme, aby krbové kachle pokryli ročne 70 % potreby tepla, teda zvyšných 30 % tepla vyrobíme pomocou elektrického kotla.

Celková investícia za krbové kachle, elektrický kotol a ich montáž a napojenie na sústavu bude stáť 68 116 Kč.



Obr. 22 – Navrhovaný systém Krbové kachle (vľavo), Elektrický kotol (vpravo) [64, 68]

Výpočet ročných nákladov paliva (drevo + elektrická energia)

565 kg dubového dreva s výhrevnosťou 13,2 MJ/kg stojí 2150 Kč.

Tepelná energia obsiahnutá v dubovom dreve:

$$Q_D = \frac{m_D \times H}{3,6} = \frac{565 \times 13,2}{3,6} = 2071,667 \text{ kWh} \quad (7)$$

Kde:

Q_D – tepelná energia dreva

m_D – hmotnosť dreva

H – výhrevnosť dreva [MJ/kg]

Cena dreva (C_D) za 1 kWh:

$$C_D = \frac{2150 \text{ Kč}}{2071,667 \text{ kWh}} = 1,038 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \quad (8)$$

Celková spotreba energie na vykurovanie a ohrev vody je 12,1 MWh/rok.

V systéme budú pracovať krbové kachle na 70 % a elektrický kotol na 30 %.

Krbové kachle teda budú vykurovať 8,47 MWh/rok a elektrický kotol 3,63 MWh/rok.

Účinnosť krbových kachiel je 80 % a účinnosť elektrického kotla je 99,5 %.

Cena dreva, ktoré spotrebujeme (S_D) za rok:

$$S_D = 1,038 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \times 8470 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \times (1 + (1 - 0,8)) = 10\,550,23 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (9)$$

Cena elektrickej energie (S_E), ktoré spotrebujeme za rok:

$$S_E = 3,7 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \times 3630 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \times 0,995 = 13\,363,85 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \quad (10)$$

Variant B

Ako variant B sme zvolili tepelné čerpadlo vzduch – voda od firmy MasterTherm model BoxAir 22I (Inverter). Toto TČ má rozsah výkonu 3 až 9 kW, príkon 1,7 kW, vykurovací faktor 3,5 pri 2 °C a teploty vykurovacej vody 35 °C, pri 7 °C má vykurovací faktor 4,76. Dokáže pracovať aj v režime chladenia. Pracuje do vonkajšej teploty -20 °C. Cena elektrickej energie za 1 kWh sa s tarifou D 56d pre tepelné čerpadlá pohybuje okolo 2,5 Kč/kWh. Toto TČ nás bude stáť aj s materiálom a montážou 232 185 Kč viz Príloha B [69, 71].



Obr. 23 – Navrhované TČ [70]

Výpočet ročných nákladov na elektrickú energiu

Nakoľko je priemerná teplota vykurovacieho obdobia 3,4 °C a hodnotu vykurovacieho faktora máme stanovenú iba pre hodnotu teploty vonkajšieho vzduchu 2 °C a teplotu vykurovanej vody 35 °C, pričom my vykurojeme na 55 °C, zvolíme hodnotu vykurovacieho faktora 2,3. Cena el. energie ako je spomenuté vyššie je 2,5 Kč/kWh s tarifom D 56d.

$$S = \frac{2,5 \frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \times 12\,100 \frac{\text{kWh}}{\text{rok}}}{2,3} = 13\,152,17 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}}$$

(11)

Kde:

S - spotreba elektrickej energie TČ za rok [Kč/rok]

7.4 Zhodnotenie návrhov na vykurovanie

Nakoniec porovnáme tieto dva varianty z rôznych hľadísk.

Tabuľka 1 - Porovnanie 2 variantov vykurovania a ohrevu TV

	Variant A		Variant B
	Krbové kachle + Elektrický kotol		Tepelné čerpadlo
Palivo / Energia	kusové drevo	elektrická energia	elektrická energia
Obsluha	Manuálna	Bez obsluhy	Bez obsluhy
Výkon [kW]	3,5 - 10,0	1,0 - 6,0	3,0 - 9,0
Účinnosť [%] / Vykurovací faktor [-]	80	99,5	3,5
Cena zdroja tepla [Kč]	36 230	14 886	151 905
Celková investícia [Kč]	46 230	21 886	232 185
Náklady na 1 kWh [Kč]	1,038	3,7	2,5
Ročné náklady na energiu (palivo) [Kč]	10 550,23	13 363,85	13 152,17

Výpočet rentability

Rentabilita nám porovnáva ne/výhodnosť jedného systému voči druhému. Je to pomer rozdielu investície a rozdielu ročných nákladov 2 rôznych systémov (variant).

$$\begin{aligned}
 Ren &= \frac{-(IN_{Ka} + IN_{Ko}) - IN_{TČ}}{[(RN_{Ka} + RN_{Ko}) - RN_{TČ}]} = \frac{-(46\,230 + 21\,886) - 232\,185}{[(10\,550,23 + 13\,363,85) - 13\,152,17]} = \\
 &= \frac{164\,069 \text{ Kč}}{10\,761,91 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}}} = 15,25 \text{ rokov}
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Kde:

Ren – rentabilita

IN_{Ka} – investícia do krbových kachiel

IN_{Ko} – investícia do elektrického kotla

IN_{TČ} – investícia do TČ

RN_{Ka} – ročné náklady na prevádzku kachiel

RN_{Ko} – ročné náklady na prevádzku kotla

RN_{TČ} – ročné náklady na prevádzku TČ

V tabuľke vidíme, že variant A, teda krbové kachle v kombinácii s elektrickým kotlom má výrazne nižšie počiatočné investičné náklady, ale ročné náklady na energie a palivo sú oproti TČ skoro dvojnásobné. Aj keď má nevýhodu v tom, že musíme nakupovať palivo (drevo, brikety) a ručne prikladať, hodnota rentability nám hovorí, že rozdiel ročných nákladov, by sa vyrovnal rozdielu investícií až za 15,25 rokov. Ak by sme používali TČ, vznikli by za toto obdobie aj ďalšie investičné náklady na servis alebo výmenu kompresora, ktorý má životnosť okolo 10 rokov, na druhú stranu krbové kachle a elektrický kotol sú takmer bezúdržbové. Preto by bolo výhodnejšie investovať do kombinácie krbové kachle, elektrický kotol.

Tiež musíme brať do úvahy, že mnohé z veličín, ktoré sme použili nemusia presne odpovedať realite. Napríklad v krbových kachliach môžeme využívať viacero druhov palív (rôzne druhy dreva či brikety), z ktorých každé má inú hodnotu výhrevnosti. Palivo tiež musí byť dobre vysušené a uskladnené nakoľko prebytočná vlhkosť zhoršuje proces spaľovania, znižuje výhrevnosť a zvyšuje produkciu škodlivých látok. Ďalšou z takýchto veličín je hodnota vykurovacieho faktora, ktorá je počas roka premenlivá a pri vzťahnutí jednej hodnoty na celé vykurovacie obdobie, môžu oproti reálnej situácii vzniknúť značné odchýlky.

ZÁVĚR

Táto práca sa zaoberala energetikou rodinného domu s využitím obnoviteľných zdrojov. V analytickej časti práce sme opísali, čo je nízkoenergetický a pasívny dom. Následne sme ozrejmili, aké poznáme druhy energie. Potom sme sa venovali výrobou elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov, pri čom sme brali do úvahy náš experimentálny dom, ktorý by mal stáť v Českých Budějoviciach. Keďže cez pozemok tohto domu neprechádza žiadny vodný tok, vodnú energiu sme nebrali do úvahy. Nakoľko je priemerná rýchlosť vetra v 10 m výške v tejto oblasti veľmi nízka, zhodnotili sme, že miesto veternej energie je pre nás výhodnejšie využívať slnečnú energiu, ktorej sme venovali viac pozornosti. Opísali sme ďalej možné typy vykurovania v nízkoenergetickom dome a rôzne zdroje tepla, pri ktorých sme vyzdvihli ich výhody a nevýhody. Záver analytickej časti sme venovali možným spôsobom vetrania v nízkoenergetickom dome a opisu vzduchotechnického systému.

V praktickej časti sme sa venovali návrhu vetrania a návrhu vykurovania spojenom s ohrevom vody. Pri vetraní sme spočítali objemový prietok vzduchu, ktorý sa musí v dome vyvetrať, pre zdravú klímu v dome. Zistili sme že strata spôsobená výmenou vzduchu bez vzduchotechnickej jednotky by bola 3,7 kW, pričom tepelná strata domu prestupom je len 2,4 kW. Navrhli sme pre náš dom centrálné rovnotlaké vetranie s využitím vzduchotechnickej jednotky s rekuperačným výmenníkom.

Pri návrhu vykurovania sme spočítali celkové teplo potrebné na ohrev vody a vyrovnanie tepelných strát domu, ktoré malo pri použití vetracej sústavy hodnotu 5,43 kW. Na základe tejto hodnoty sme zvolili dva varianty zdrojov tepla – krbové kachle + elektrický kotol / Tepelné čerpadlo vzduch – voda. Nakoniec sme vypočítali hodnotu rentability týchto dvoch variantov, ktorá bola 15,25 rokov. Z čoho sme usúdili že pre vykurovanie nášho domu by bolo výhodnejšie použiť variantu A, teda krbové kachle a elektrický kotol.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Typové rozdělení RD z hlediska energetické náročnosti. *Wood Building* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: http://www.woodbuilding.sk/?page_id=204
- [2] PALEČEK, Stanislav. Blower door test průvzdušnosti budov - detekční metody. *Technická zařízení budov* [online]. 19.2.2007 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/3896-blower-door-test-pruvzdusnosti-budov-detekcni-metody>
- [3] Nová zelená úsporám a BlowerDoor test. *Technická zařízení budov* [online]. 4.6.2014 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/obalove-konstrukce-nizkoenergetickych-staveb/11301-nova-zelena-usporam-a-blowerdoor-test>
- [4] CO JE PASIVNÍ DŮM?. *Centrum pasivního domu* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [5] BERANOVSKÝ, Jiří, Lenka HUDCOVÁ, Monika KAŠPAROVÁ, František MACHOLDA, Karel SRDEČNÝ a Jan TRUXA. ZÁSADY VÝSTAVBY PASIVNÍCH DOMŮ. *EkoWATT* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-pasivnich-domu>
- [6] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon o životním prostředí. In: *Sbírka zákonů č. 4/1992 Sb.* 1991, 17/1992 Sb. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/5B17DD457274213EC12572F3002827DE/%24file/Z%2017_1992.pdf
- [7] MATĚJŮ, Dalibor, ČERNÝ, Jiří, ed. Energetika – vybrané pojmy (I): Obnovitelné zdroje energie v energetickém mixu. *Technická zařízení budov* [online]. 18.3.2013 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/9668-energetika-vybrane-pojmy-i>
- [8] Energetika v Česku. *Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetika_v_%C4%8Cesku
- [9] ŠKORPÍK, Jiří. Využití energie větru. *Transformační technologie* [online]. 2006-10 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/04.html#menu>
- [10] HANSLIAN, David, Jiří HOŠEK, Zuzana CHLÁDOVÁ a Lukáš POP, ŠTEKL, Josef, ed. Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem I. *Technická zařízení budov* [online]. 15.4.2013 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i>
- [11] *Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:V%C4%9Btrn%C3%A1_elektr%C3%A1rna.JPG
- [12] Interaktivní mapa - Větrné podmínky ve výšce 10 m. *Ústav fyziky atmosféry; AV ČR* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://vitr.ufa.cas.cz/male-vte/>
- [13] ŠKORPÍK, Jiří. Sluneční záření jako zdroj energie. *Transformační technologie* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/02.html#menu>
- [14] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Praha: Nakladatelství T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.

- [15] MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. *Fotovoltaika: Elektřina ze slunce*. 2. vydání. Brno: Vydavatelství ERA, 2008. ISBN 978-80-7366-133-5.
- [16] Druhy žiarenia v klimatologickej praxi. *BioClio: interaktívny portál o problematike sucha v krajine* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://bioclio.com/druhy-ziarenia-v-klimatologickej-praxi/>
- [17] Solar resource maps and GIS data for 200+ countries. *Solargis* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview#C>
- [18] Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Isofen Energy* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [19] Princip fotovoltaického článku. *ProfiElektrika.cz* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku>
- [20] HASELHUHN, Ralf, Václav LOSÍK a Iveta KUBICOVÁ, HRDINA, Miroslav, ed. *Fotovoltaika: Budovy jako zdroj proudu*. Ostrava - Plesná: HEL, 2010. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [21] Qual é a diferença entre policristalino e monocristalino célula filme amorfo fino solar?. *Sunflower solar: 1st sunflower renewable energy* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: http://www.sunflower-solar.com/index_pt.php?act=content&scheduler_id=2029
- [22] POULEK, Vladislav a Martin LIBRA. Konstrukce a výroba fotovoltaických článků a panelů. *ELEKTRO: časopis pro elektrotechniku* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/konstrukce-a-vyroba-fotovoltaickych-clanku-a-panelu--10310>
- [23] FOTOVOLTAIKA: Solární (fotovoltaické) články. *ČEZ* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [24] Niečo o fotovoltaike. *Solara* [online]. 2015 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://solara.sk/rev%C3%ADzie>
- [25] Teplovzdušné a teplovodní vytápění - výhody a nevýhody. *A-Z Krby* [online]. 2019 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: http://www.az-krby.cz/cs/teplvzduzne_nebo_teplovodni_vytapeni
- [26] KABELE, Karel. Teplovzdušné vytápění obytných budov. *Technická zařízení budov* [online]. 3.8.2001 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teplvzduzne-vytapeni/620-teplvzduzne-vytapeni-obytnych-budov>
- [27] TEPOVODNÍ VS TEPOVZDUŠNÁ KRBOVÁ KAMNA - JAKÁ JSOU LEPŠÍ?. *Izolace - info: informace o izolacích a zateplení* [online]. 20. 12. 2017 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/aktuality/21556-teplovodni-vs-teplvzduzna-krbova-kamna-jaka-jsou-lepsi-a.html#.XOfmhFX7TIV>
- [28] Stenové, podlahové systémy. *EFilip* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie_vykurovanie/vykurovanie_vykurovacie_systemy/stenove_podlahove_systemy
- [29] Biomasa (energetika). *Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Biomasa_\(energetika\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Biomasa_(energetika))

- [30] BIOMASA OBECE. *EkoWATT: Katalog technických a energeticky soběstačných řešení nejen pro nízkoenergetické domy* [online]. 2008 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/uspory/biomasa.shtml>
- [31] FOREJTOVÁ, Irena. Krbové vložky jako hlavní zdroj tepla. *Living* [online]. 7.10.2008 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.living.cz/krbove-vlozky-jako-hlavni-zdroj-tepla/>
- [32] *Krbové vložky - rozdělení a výběr* [online]. 2019 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.krbovevlozky.eu/>
- [33] DAŇKOVÁ, Dana. Vše o krbových vložkách a krbových kamnech s teplovodním výměníkem. *HOME Bydlení* [online]. 24.10.2014 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapeni/vse-o-krbovych-vlozkach-a-krbovych-kamnech-s-teplovodnim-vymenikem/>
- [34] Stavby teplovzdušných krbů. *Freyatherm* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: https://www.freyatherm.cz/teplovzdusne_krby.php
- [35] Krbová kamna nebo krbová vložka?. *Topsys* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.topsys.cz/blog/krbova-kamna-nebo-krbova-vlozka>
- [36] Krbová kamna Panadero Zinc EcoDesign, černá. *KominyCZ* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.kominycz-eshop.cz/Krbova-kamna-Panadero-Zinc-EcoDesign-cerna-d1017.htm>
- [37] RYŠAVÝ, Jiří, Jiří HORÁK, František HOPAN, Petr KUBESA a Jiří KREMER. Komfort kotlů na tuhá/pevná paliva – část I.: Jak dlouho vydrží teplo z jednoho přiložení či nabitě akumulární nádoby?. *Technická zařízení budov* [online]. 26.3.2018 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>
- [38] Automatický kotel. *Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Automatick%C3%BD_kotel
- [39] PONCAROVÁ, Jana. Elektrokotel: Vyplatí se? A jak vybrat ten nejlepší? Zdroj: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/elektrokotel>. *Dřevostavitel: Online svět dřevostaveb* [online]. 30.03.2018 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/elektrokotel>
- [40] Topíme elektrokotlem (1.). *ProfiElektrika.cz* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/tek030826>
- [41] Nástenný elektrický kotel W ELEKTRO. *QTermo* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://qtermo.cz/nastenny-elektricky-kotel-welektro>
- [42] QUASCHNING, Volker a Václav BARTOŠ. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha 7: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [43] FEDORKO, Gabriel. FEM analýza nádoby pro ohřev vody pomocí slunečního záření. *CAD* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/6777-fem-analyza-nadoby-pro-ohrev-vody-pomoci-slunecniho-zareni.html>
- [44] Druhy solárních kolektorů. *Florian: Úspora energie* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.eflorian.cz/druhy-solarnich-kolektoru>

- [45] TREUOVÁ, Lea. *Vytápění: Tepelná pohoda za minimální náklady*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3329-3.
- [46] Topný faktor COP - účinnost tepelného čerpadla. *Abeceda čerpadel* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-cop-ucinnost-tepelneho-cerpadla>
- [47] LACHNIT, Petr. Tepelné čerpadlo: Jak funguje?. *ESTAV* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3184.tepelne-cerpadlo-jak-funguje>
- [48] Tepelná čerpadla vzduch-voda. *Hajma* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.hajma.eu/sluzby/ekologicke-vytapeni/tepeln-a-cerpadla-opava/vzduch-voda/>
- [49] BEDRNÍČEK, Martin, ŠTÁVOVÁ, Petra, ed. Typy a vlastnosti vetracích systémů v rodinných domech. *ASB* [online]. 8. januára 2010 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-ventilacie/typy-avlastnosti-ventilacich-systemov-vrodinnych-domoch>
- [50] HEJHÁLEK, Jiří. Spôsoby vetrania bytov a rodinných domov. *Istavebnictvo* [online]. 12. 2. 2016 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.istavebnictvo.sk/clanky/sposoby-ventilacie-bytov-a-rodinnych-domov>
- [51] ZMRHAL, Vladimír. Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *Technická zařízení budov* [online]. 30.1.2012 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-ventilacie-klimatizacie/8239-pozadavky-na-ventilacie-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [52] Větrání v nízkoenergetickém domě: Je nutná rekuperace?. *Nazeleno* [online]. 27. 9. 2011 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/rekuperace/ventilacie-v-nizkoenergetickem-dome-je-nutna-rekuperace.aspx>
- [53] Rekuperácia a efektívne vetranie. *Viessmann* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.viessmann.sk/sk/informacie-pre/rekuperacia-a-efektivne-ventilacie.html>
- [54] Rekuperácia vzduchu šetrí náklady na vykurovanie. *Atrea* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.rekuperacia.sk/rekuperacia.html>
- [55] ŠTEKR, Jiří. Vetracie jednotky na rekuperáciu tepla. *ASB* [online]. 24. júna 2014 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/klimatizacia-a-ventilacie/ventilacie-jednotky-na-rekuperaciju-tepla>
- [56] ZISK ZE ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU TEPLA. *EkoWATT: Katalog technických a energetických soběstačných řešení nejen pro nízkoenergetické domy* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/uspory/zisk-ze-zemniho-vymeniku-tepla.shtml>
- [57] LOM, Michal a Václav MATZ. Model řízení vzduchotechnické jednotky. *Technická zařízení budov* [online]. 22.4.2013 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-ventilacie-klimatizacie/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>
- [58] *AreTech* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.aretch.sk/kompletny-servis-vzt/>
- [59] KŮRKA, František. Nové trendy v energetice (3. díl). *Magistrát města Plzně* [online]. Srpen 2009 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: https://energetika.plzen.eu/Files/energetika/aktuality/nove_trendy_3.pdf

- [60] KAČMÁŘ, Filip. Český ostrovní dům, Navrhl Filip Kačmář. *Český ostrovní dům* [online]. 2017 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.ceskyostrovnidum.cz/soutez-2017-kacmar.html>
- [61] Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit. *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [62] ZEHNDER COMFOD 350. *Klimaček: pro správné klima* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://klimacek.cz/rekuperace-zehnder/zehnder-comfod-350>
- [63] Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody?fbclid=IwAR0V747fEBIGcFEFeP9v7yWSgxp6j--XquECLWEIY-o9_teEUQROk-PL5sI
- [64] HAAS+SOHN AVESTA TV woodstone Prestige s výměníkem. *Mall.cz* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/krbova-kamna-vymenik/haassohn-avesta-s-vymenikem#tabs>
- [65] Ceník. *Krbovedrevo.eu* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: http://www.krbovedrevo.eu/sluzby/?fbclid=IwAR1pJVm8GuXe-FwfSe7o4ZD29yWlZwQWGiSfPwMbKpDncQQHeHFBha__DEU
- [66] Výchřevnost dřeva. *Drevorubec.cz* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://drevorubec.cz/prodej-dreva/vyhrevnost-dreva?fbclid=IwAR040T39qYK24-FS9gTtIW04EP6i8misLISXMk2vl9wxc9uWiyDcu2YxPao>
- [67] Montáž elektrického kotle. *GAS TM* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.gas-tm.sk/montaz-elektrickeho-kotle/produkt/8202/56/>
- [68] Protherm RAY 6 KE Elektrokotel. *Topenilevne.cz* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-ray-6-ke-p64188/#gallery>
- [69] Přehled cen elektrické energie ceny platné od 1.1.2019. *Technická zařízení budov* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie#d02>
- [70] MASTER THERM BOXAIR INVERTER 3-9KW. *Thermal Earth* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.thermalearth.co.uk/Products/Details/3BA26I1@N>
- [71] Kalkulace ceny tepelného čerpadla. *Úsporné vytápění s.r.o.* [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.uspornevytapani.cz/cenova-kalkulace>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Skratky:

ČR – Česká republika

TV – Teplá voda

TČ – Tepelné čerpadlo

Symboly:

$\dot{V}_v$ – objemový prietok vzduchu vetraním

n_v – intenzita výmeny vzduchu

V_D – vnútorný objem domu

Δt – teplotný rozdiel

t_i – navrhovaná vnútorná teplota

t_e – výpočtová vonkajšia teplota

$\dot{Q}_{vz}$ – tepelná strata výmenou vzduchu

ρ_v – hustota vzduchu

c_{pv} – merná tepelná kapacita vzduchu

Q_{TV} – teplo potrebné na ohrev vody

m_{TV} – hmotnosť vody

c_p – merná tepelná kapacita vody

τ – doba ohrevu

t_2 – vykurovacia teplota

t_1 – teplota studenej vody

Q_S – celková tepelná strata domu

Q_P – tepelná strata prestupom

Q_{VZ} – tepelná strata výmenou vzduchu

Q_{VYT} – celkový tepelný výkon

Q_S – celková tepelná strata

Q_{TV} – teplo potrebné na ohrev vody

Q_D – tepelná energia dreva

m_D – hmotnosť dreva

H – výhrevnosť dreva

Ren – rentabilita

IN_{Ka} – investícia do krbových kachiel

IN_{Ko} – investícia do elektrického kotla

$IN_{TČ}$ – investícia do TČ

RN_{Ka} – ročné náklady na prevádzku kachiel

RN_{Ko} – ročné náklady na prevádzku kotla

$RN_{TČ}$ – ročné náklady na prevádzku TČ

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Mapa priemernej rýchlosti vetra v 10 m v ČR.....	14
Obr. 2 – Veterná turbína.....	15
Obr. 3 – Slnko a jeho charakteristické vlastnosti	16
Obr. 4 – Mapa priemernej slnečnej intenzity v Európe v rokoch 1994-2016	17
Obr. 5 – Mapa priemernej slnečnej intenzity v ČR v rokoch 1994-2016	17
Obr. 6 – Mapa trvania slnečného svitu za rok v ČR	18
Obr. 7 – P-N prechod	19
Obr. 8 – Typy solárnych článkov	20
Obr. 9 – Postup vzniku solárneho poľa, Skladba solárneho modulu	21
Obr. 10 – Schéma teplovzdušného krbu (krbovej vložky).....	24
Obr. 11 – Krbové kachle	24
Obr. 12 – Automatický kotol (schéma, charakteristika)	25
Obr. 13 – Schéma elektrického kotla W Elektro.....	26
Obr. 14 – Fototermický panel - plochý doskový, trubicový vákuový	28
Obr. 15 – Schéma činnosti TČ, Vonkajšie a vnútorné jednotky TČ.....	29
Obr. 16 – Princíp funkcie rekuperačného výmenníka.....	31
Obr. 17 – Rozvody vetrania so zemným výmenníkom.....	32
Obr. 18 – Schéma vzduchotechnickej jednotky	33
Obr. 19 – Schéma vzduchotechnickej jednotky.....	33
Obr. 20 – Experimentálny dom	35
Obr. 21 - Vzduchotechnická jednotka Zehnder ComfoD 350	37
Obr. 22 – Navrhovaný systém Krbové kachle, Elektrický kotol	40
Obr. 23 – Navrhované TČ	41

SEZNAM PŘÍLOH

Príloha A – Kalkulátor portálu tzb-info.cz na výpočet ročnej spotreby tepla na vykurovanie a ohrev TV

Príloha B – Predbežná cenová nabídka na TČ vypracovaná firmou Úsporné vytápění s.r.o.

Príloha A

Lokalita (Tabulka)		☒ $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ☐ $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ☐ $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$???	
Město	České Budějovice	Délka topného období	$d = 232$ [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e =$	$-15\text{ }^{\circ}\text{C}$	Prům. teplota během otopného období $t_{es} =$	$3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$
☒ Vytápění		☒ Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 3,1066\text{ kW}$	$t_1 = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$\rho = 1000\text{ kg/m}^3$???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$	$19\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$t_2 = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$???	$c = 4186\text{ J/kgK}$???
Vytápěcí denostupně		$V_{2p} = 0.2\text{ m}^3/\text{den}$???	
$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3619\text{ K.dny}$		Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???	
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0.9$??? $\eta_o = 0.95$???		$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 15.7\text{ kWh}$	
$e_t = 0.90$??? $\eta_r = 0.95$???		Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	
$e_d = 1.00$???		Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Opravný součinitel ε ???		Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]	
☒ $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.81$ ☐ $\varepsilon = 0.9$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left(\begin{array}{c} 17.9\text{ GJ/rok} \\ 5\text{ MWh/rok} \end{array} \right)$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left(\begin{array}{c} 25.6\text{ GJ/rok} \\ 7.1\text{ MWh/rok} \end{array} \right)$		Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{array}{c} 43.6\text{ GJ/rok} \\ 12.1\text{ MWh/rok} \end{array} \right)$	

Príloha B

Úsporné vytápění s.r.o.
Jarošovská 528, 506 01 Jičín
IČ: 28783115, DIČ: CZ28783115
t: +420 777 724 573, info@uspornevytapieni.cz, www.uspornevytapieni.cz



ÚSPORNÉ VYTÁPĚNÍ s.r.o.
TEPELNÁ ČERPADLA

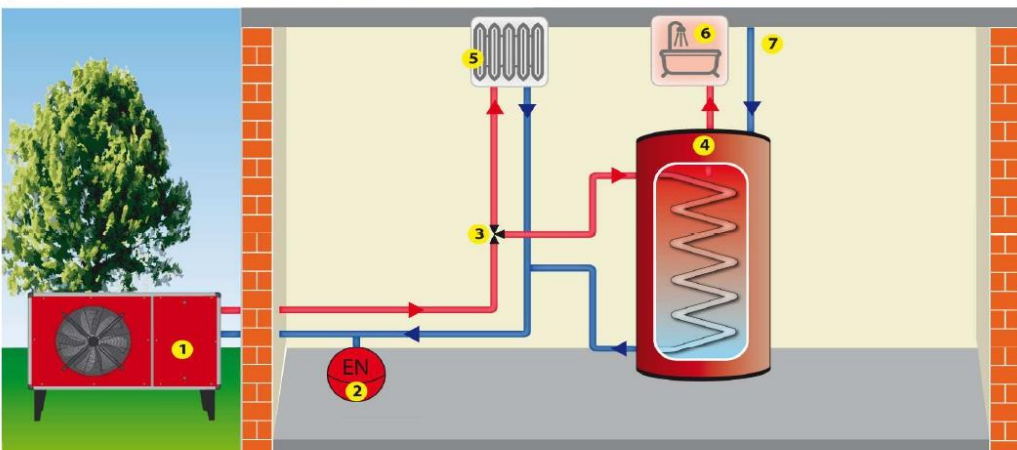
POPIS NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU		Orientační snímek, významná ocenění, záruční doba:
Specifikace tepelného čerpadla:		
Typ tepelného čerpadla	BoxAir-26l (Inverter 3-9 kW)	   
Systém předávání tepla	VZDUCH / VODA	
Nerezová konstrukce	kompaktní (jednodílná, venkovní)	
Výkon / příkon / topný faktor	8,1kW/ 1,7kW/ 4,76 při A7W35	
Požadovaný jistič vč. el. kotle	3x 20 (16)A "B"	
Teplota vzduchu max/min	od +30°C do -20°C	
Teplota topné vody	55°C	
Rozměry (v x š x h)	1040x1300x530	
Kompresor	BLDC inverter	
Chladivo / množství	R410a / 2,0kg	
Hmotnost TČ	120kg	
Regulace	2 směšovací topné okruhy a 1 okruh teplé vody	
Elektrokotel	vestavěný	
Odmrazování	automatické, reverzáce	
Ventilátor/příkon	EC s regulací otáček / max 0,13kW	
Expanzní ventil	elektronicky řízený	
		barevné provedení: červená, šedá, stříbrná, zelená

Popis schématu zapojení aneb jak to vlastně funguje

Celé tepelné čerpadlo (1) stojí venku. Průtokem přes výparník se vzduchu odebírá energie do chladivového okruhu. Chladivo má schopnost měnit skupenství při malé změně teploty. Představte si, že kapalné chladivo má teplotu -25°C, pokud se dostane do venkovní teploty např. -10°C, ohřeje se a změní skupenství - zplynuje. Jako plyn se pak kompresorem stlačí a stoupne mu teplota na cca 80°C. Toto teplo se přes výměník předá topné vodě. Topná voda koluje pomocí oběhového čerpadla (je vestavěné v TČ) v okruhu topného systému (5). Toto schéma zapojení je možné použít, pokud je v systému dostatečný objem vody nebo je použito podlahové topení.

Součásti schématu

1-tepelné čerpadlo, 2-expanzní nádoba, 3-přepínací trojcestný ventil, 4-zásobník teplé užitkové vody (bojler), 5-topný systém (radiátory, podlahové topení, apod.) 6-odběrné místo užitkové vody (sprcha, vana, atd.), 7-přívod vody z vodovodního řádu (nebo studny)



Ohřev užitkové vody

Bojler (4) obsahuje trubkový výměník, který musí mít dostatečnou přestupnou plochu (cca 2m² na 10 kW výkonu TČ). Jakmile poklesne teplota vody pod stanovenou mez, regulace TČ přepne trojcestný ventil (3) a TČ začne bojler natápět. Teplota topné vody se zvýší na 55°C, aby byl ohřev co nejrychlejší. Jakmile je bojler natopen, přepne se trojcestný ventil (3) zpět a regulace sníží teplotu topné vody na požadovanou systémem. Tak jsou rozděleny požadavky na teplotu topné vody při ohřevu vody a topení a je zajištěna maximální efektivita chodu TČ.

Umístění tepelného čerpadla

TČ (1) je třeba umístit na základ. Minimální vzdálenost od stěny domu je cca 15cm. Maximální vzdálenost volíme s ohledem na případnou tepelnou ztrátu na vedení. Venkovní potrubí je samozřejmě v kvalitní tepelné izolaci. Celý topný systém (5) se (z bezpečnostních důvodů) plní nemrznoucí směsí.

Regulace

Regulátor TČ zvyšuje nebo snižuje teplotu topné vody podle toho jaká je venkovní teplota. Vy si nastavíte, jestli vám např. při 0°C venku bude vyhovovat topná voda 30°C nebo 31°C nebo 32°C, atd.. TČ má tím efektivnější provoz, na čím nižší teplotu topné vody topí. Touto tzv. ekvitermní regulací je zajištěna maximální ekonomika provozu. Systém můžete doplnit i prostorovým termostatem - měníte pouze nastavení teploty v místnosti.

Úsporné vytápění s.r.o.

Jarošovská 528, 506 01 Jičín

IČ: 28783115, DIČ: CZ28783115

t: +420 777 724 573, info@uspornevytapieni.cz, www.uspornevytapieni.cz

ÚSPORNÉ VYTÁPĚNÍ s.r.o.

TEPELNÁ ČERPADLA

PŘEDBĚŽNÁ CENOVÁ NABÍDKA

Sestava	Cena	Množství	Akční sleva	Celková cena	
Tepelné čerpadlo BoxAir-26i	159 900 Kč	1	5%	151 905 Kč	
Zásobník smaltovaný (bojler)-G300/2 S/K	300l, výměník 1,4+1,1m2	17 990 Kč	1	50%	8 995 Kč
Volitelná výbava k tepelnému čerpadlu					
Připojení na internet + záruka 7let	9 800 Kč	0		0 Kč	
Připojení na internet	6 900 Kč	0		0 Kč	
Režim chlazení reverzací	5 200 Kč	0		0 Kč	
Terminál pAD kompenzace teploty	2 900 Kč	0		0 Kč	
Terminál pADh chlazení podlahou	4 300 Kč	0		0 Kč	
Sledovač fáze	1 300 Kč	0		0 Kč	
Softstart 15A	6 800 Kč	0		0 Kč	
Modul rozšířené regulace	6 700 Kč	0		0 Kč	
Barvy tepelného čerpadla: červená, šedá, stříbrná, zelená	0 Kč	1		0 Kč	
Barvy tepelného čerpadla: jakákoliv dle vzorníku RAL	4 500 Kč	0		0 Kč	
Ostatní materiál					
Ventil trojcestný SF-25-E	1 000 Kč	1		1 000 Kč	
Servopohon pro trojcestný ventil	1 200 Kč	1		1 200 Kč	
Nemrzoucí směs CT-ECO-P, koncentrát (NUTNÁ!)	80 Kč	???		0 Kč	
Projekční práce					
Provádění projekt otopné soustavy	10 000 Kč	0		0 Kč	
Provádění projekt strojovny	5 000 Kč	0		0 Kč	
Výpočet tepelných ztrát objektu	3 000 Kč	0		0 Kč	
Posouzení otopné soustavy	1 500 Kč	0		0 Kč	
Montáž (do 5m vedení potrubí/kabelů mezi jednotlivými technologiemi)					
Montáž strojovny (včetně ostatního materiálu)	29 900 Kč	1		29 900 Kč	
Montáž elektroinstalace (včetně ostatního materiálu)	8 900 Kč	1		8 900 Kč	
Celkem bez DPH				201 900 Kč	
Celkem s DPH 15%				232 185 Kč	

Cena neobsahuje výkopové práce, terénní úpravy, zednické práce. DPH bude účtováno podle platných daňových předpisů. Montáž provádí certifikovaná montážní firma na základě schématu firmy Master Therm tepelná čerpadla s.r.o. Platnost cenové nabídky je 2 měsíce od data vypracování.

Servis

Záruční i pozáruční servis tepelného čerpadla je zajištěn prostřednictvím firmy MasterTherm servis s.r.o. po celé České republice. Většina servisních zákroků se dá vyřešit prostřednictvím internetového připojení. Díky vlastní výrobě a znalosti technologie je servisní tým vždy připraven vyřešit případný problém efektivně a rychle.

Hranice dodávky

Přesná příprava instalace a specifikace hranic dodávky bude upřesněna po osobní návštěvě a popsána ve smlouvě o dílo.

Záruční podmínky

3 roky: Na TČ je poskytována záruční lhůta v délce 3 let, ode dne spuštění TČ do provozu, maximálně však 42 měsíců od expedice z výrobního závodu.

*7 let: Záruku 7 let ode spuštění TČ do provozu (max však 7,5 let od expedice z výrobního závodu) je možné získat aktivací funkce Připojení na internet do první topné sezony. Druhou podmínkou jsou čtyři placené servisní prohlídky u prodávajícího po 1., 3. a 5. topné sezoně. Cena servisní prohlídky je paušálně stanovena na 2500,- Kč bez DPH.

Záruka se vždy vztahuje na veškeré náklady (materiál, práce, cestovní výlohy, ...) spojené s případnými servisními zásahy, které jsou předmětem záruky. Na ostatní komponenty je záruční doba 24 měsíců, ode dne předání investorovi, pokud výrobce komponentů nestanoví delší záruční dobu.

Dodací lhůta

Dodací lhůta je 6 týdnů od závazné objednávky, pokud není ve smlouvě o dílo stanoveno jinak.

Na další spolupráci se těší a za Váš zájem děkuje :

Jakub Kříkava, Úsporné vytápění s.r.o.
obchodní a montážní zastoupení firmy Master Therm s.r.o.
777 724 573, j.krikava@uspornevytapieni.cz